

Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território
Vertente de Prevenção de Riscos

CHEIAS E INUNDAÇÕES NO VALE DA VILARIÇA (TORRE DE MONCORVO): ÁREAS INUNDÁVEIS, DANOS CAUSADOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS E GESTÃO DO RISCO

Bruno Fernando da Silva Carmo

M

2018



Bruno Fernando da Silva Carmo

**CHEIAS E INUNDAÇÕES NO VALE DA VILARIÇA (TORRE
DE MONCORVO): ÁREAS INUNDÁVEIS, DANOS CAUSADOS EM ÁREAS
AGRÍCOLAS E GESTÃO DO RISCO**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes e coorientada pelo Doutor Pedro Pinto Santos.

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Setembro de 2018

Bruno Fernando da Silva Carmo

**CHEIAS E INUNDAÇÕES NO VALE DA VILARIÇA (TORRE
DE MONCORVO): ÁREAS INUNDÁVEIS, DANOS CAUSADOS EM ÁREAS
AGRÍCOLAS E GESTÃO DO RISCO**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes e coorientada pelo Doutor Pedro Pinto Santos.

Membros do Júri

Professor Doutor José Augusto Alves Teixeira (Arguente)
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Professor Doutor José Ramiro Marques de Queirós Gomes Pimenta (Presidente do Júri)
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes (Orientador)
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Classificação obtida: 19 valores

Aos meus pais, irmã e irmão.

“Na foz deste vale, defronte ao monte de Meão, meandra o vasto Douro, num lençol de água que nos faz esquecer da nossa existência e que nos arrasta para uma estranha melancolia; partamos daqui com a certeza que esta depressão, é um oásis de verdura e de fertilidade no ressequido e descarnado Trás-os-Montes.

É um dos belos rincões de Portugal.”

Vergílio Ferreira

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	XII
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE QUADROS	XIX
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	XX
INTRODUÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL	4
1.1. CHEIAS E INUNDAÇÕES: CONCEITOS, CAUSAS E EFEITOS	4
1.1.1. <i>Diferença entre cheia e inundação</i>	4
1.1.2. <i>Causas das cheias e fatores desencadeantes</i>	8
1.1.3. <i>Componentes do risco</i>	10
1.1.4. <i>Efeitos das cheias</i>	13
1.2. CHEIAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS	16
1.2.1. <i>Agricultura: conceito e importância</i>	16
1.2.2. <i>Efeitos das cheias em áreas agrícolas</i>	19
CAPÍTULO 2 - CHEIAS NO VALE DA VILARIÇA	22
2.1. OS PLANOS DE GESTÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÕES (PGRI)	22
2.2. CHEIAS NA VILARIÇA E O EFEITO DA “REBOFA”	25
2.3. INVENTÁRIO DE OCORRÊNCIAS DE CHEIAS – VALE DA VILARIÇA	28
2.4. PRECIPITAÇÃO DIÁRIA E A OCORRÊNCIA DE CHEIAS NO VALE DA VILARIÇA	37
CAPÍTULO 3 - DELIMITAÇÃO DO PERÍMETRO DE INUNDAÇÃO	50
3.1. “BAIXO” VALE DA VILARIÇA - AS CHEIAS DE 2010 E 2016	50
3.2. CHEIA DE 1962 – PONTOS DE CHEIA (GPS)	55
3.3. CALENDÁRIO AGRÍCOLA	58
CAPÍTULO 4 - ESTIMATIVA DOS DANOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES EM ÁREAS AGRÍCOLAS	65
4.1. BREVE RESENHA DAS METODOLOGIAS EXISTENTES	65
4.2. MODELO ADOTADO E RESULTADOS OBTIDOS PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS	71
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES	78
5.1. DO HISTORIAL DE CHEIAS NO VALE DA VILARIÇA	78
5.2. DA METODOLOGIA ADOTADA PARA A DEFINIÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS	78

5.3. DA IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA O CÁLCULO DE DANOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES EM	
ÁREAS AGRÍCOLAS	79
5.4. DA GESTÃO DO RISCO DE CHEIA NO VALE DA VILARIÇA.....	79
5.5. DAS PERSPETIVAS FUTURAS TENDO EM CONTA O TEMA EM ESTUDO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
SÍTIOS CONSULTADOS.....	85
ANEXOS	86

Declaração de honra

Declaro que a presente dissertação “Cheias e Inundações no Vale da Vilarica (Torre de Moncorvo): áreas inundáveis, danos causados em áreas agrícolas e gestão do risco” é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referenciação. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Porto, 10 de Dezembro de 2018

Bruno Fernando da Silva Carmo

AGRADECIMENTOS

Chegando a esta fase final da minha dissertação e do meu percurso académico resta-me agradecer às principais pessoas que me foram apoiando ao longo desta minha caminhada.

Em primeiro lugar, um agradecimento ao orientador, Professor Doutor Alberto Gomes, pela liberdade concedida na escolha do tema, pela partilha de conhecimento ao longo destes anos e acima de tudo por ter acreditado no tema e ter demonstrado que um Professor não tem apenas um carácter pedagógico.

Fico também igualmente agradecido ao meu coorientador, Doutor Pedro Pinto Santos pelo apoio demonstrado ao longo deste ano, pelo conhecimento transmitido sobre a temática das cheias e inundações e pela análise crítica da dissertação.

Em terceiro lugar gostaria de agradecer á minha colega e amiga Márcia Martins, por todo o apoio demonstrado ao longo deste ano, pela troca de ideias, pelas tardes passadas na mapoteca, pela ajuda com os Sistemas de Informação Geográfica e acima de tudo por toda a paciência demonstrada.

De seguida, agradecer também ao Professor Doutor António Ribeiro do Instituto Politécnico de Bragança, na ajuda pela recolha de informação para a realização do inventário de ocorrências de cheias. Ao meu amigo José Paulo, pelas tardes passadas na mapoteca e pelo esclarecimento das dúvidas que me iam surgindo.

Ao Fotógrafo Jorge Delfim pela ajuda na localização das fotos relativas às cheias de 2010 e 2016. À Professora Ana Lúcia Monteiro pela ajuda nas traduções. À Jovem Agricultora Catarina Gonçalves Martins e ao seu pai Mário Martins um muito obrigado pela ajuda na recolha de dados para a realização do Calendário Agrícola e pela cedência da produção de cada cultura agrícola em toneladas por hectare.

Ao meu ano e a ti César, por todos os momentos vividos ao longo destes 5 anos.

À minha família por todo o apoio demonstrado e paciência nas alturas mais difíceis desta minha caminhada, espero que fiquem com orgulho.

A todos estes e aos restantes, um muito obrigado!

RESUMO

Em Portugal, após a Resolução do Conselho de Ministros n.º 22-A/2016, de 18 de novembro, surgiram os Planos de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI) a executar no período de 2016-2021, sendo o documento de base para a definição de áreas críticas nas diferentes Regiões de Portugal, embora também a Lei n.º 166/2008 da Reserva Ecológica Nacional (REN) inclua as zonas ameaçadas pelas cheias (ZAC). No entanto, a título de exemplo, na Região Hidrográfica Norte (RH3) de Portugal, apenas estão contempladas 3 áreas críticas no respectivo PGRI (Porto, Régua e Chaves), existindo claramente um carácter minimalista na definição destas áreas num território tão vasto e com outros locais críticos em relação à temática das cheias, mas que não estão devidamente estudados e onde persiste um longo trabalho a realizar.

Assim, este projeto de investigação incidiu no estudo da área do Vale da Vilariça, setor não abrangido no PGRI, área constantemente ameaçada pelas cheias (com vários eventos históricos documentados) que implicam graves danos em termos económicos, visto que se trata de uma das áreas agrícolas mais férteis a nível nacional. Uma parte significativa do trabalho consistiu na realização de um inventário das ocorrências de eventos de cheia, registados na área até ao presente, com recurso à bibliografia, a notícias existentes em jornais locais e regionais e vídeos de origem diversa. Posteriormente, aplicou-se uma metodologia para calcular a área inundável em diferentes cheias com diferentes perímetros de inundação (mais frequentes e um extraordinário, 1962), para depois aplicar metodologias de avaliação dos danos causados para os diferentes cenários. Por fim, serão sugeridas algumas medidas de gestão do risco de cheia na área em estudo para que os danos decorrentes sejam minimizados.

A aplicação da estimativa dos danos causados por inundações nas áreas agrícolas (Deleuze et al., 1991) do Vale da Vilariça foi efetuada através da análise do valor de mercado de cada cultura existente no Anuário Agrícola do Sistema de Informação de Mercados Agrícolas, tendo sido selecionada a variável “cotações mais frequentes nos principais mercados abastecedores”. Os resultados demonstram com clareza os prejuízos (dano monetário) que podem acontecer nos dois perímetros de inundação em análise bem como as principais culturas que podem ser perdidas tendo em conta a data em que feito o levantamento de campo (distribuição do dano monetário estimado no território).

Palavras-chave: Cheias; Vale da Vilariça; Danos; Áreas Agrícolas.

ABSTRACT

In Portugal, after the Resolution of the Ministers Council, No. 22-A/2016, 18th November, emerged the Flood Risk Management Plans (PGRI) to be carried out in the period of 2016-2021, being the basic document to the definition of the critical areas in the different regions of Portugal, although the Law No. 166/2008, referring to the National Ecological Reserve (REN) also includes areas threatened by floods (ZAC). However, as an example, in the Northern Hydrographical Region (RH3) of Portugal, only three critical areas are considered in the PGRI (Porto, Régua and Chaves), which denotes a clear minimalist character in the definition of such critical areas in a so wide region, with so many others flooding critical locations, but which are not properly studied and where there still is a long work to be fulfilled.

Therefore, this investigation project will focus mainly in the study of the area of the Vale da Vilariça, a sector which is not covered in the PGRI and which is constantly threatened by floods (with several registered historical events) that led to serious damages at the economical level, since it is one of the most fertile agricultural areas in a national level. It is also intended to obtain skills and knowledge through the analysis of specific research papers, as well as through the creation of a flood event's database recorded in the area till the current days (inventory of events), using news from local and regional newspapers. Subsequently, a methodology will be applied to calculate the flood area in different return periods and then apply methodologies to evaluate the damages caused on the different scenarios. Finally, some flood management measures will be suggested in the study area, so that the resulting damages may become smaller.

The estimation of flood damage in the agricultural areas (Deleuze et al., 1991) of Vale da Vilariça was carried out by analyzing the market value of each crop in the Agricultural Yearbook of the Agricultural Market Information System. variable "in the main supply markets". The results clearly show the damage (monetary damage) that can occur in the two floodplains under analysis as well as the main crops that can be lost taking into account the date of the field survey (distribution of the estimated monetary damage in the territory).

Palavras-chave: Floods; Vale da Vilariça; Damage; Agricultural Areas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema metodológico adotado para o estudo das cheias no Vale da Vilariça.	3
Figura 2 – Modelo simplificado do leito de cheia associado a cheias de ordem fluvial. Adaptado de (Coque,1987).....	4
Figura 3 – Hidrograma de cheia e respetivas componentes.	6
Figura 4 - Fases de uma cheia numa planície de inundação; extraído da Revista Brasileira de Recursos Hídricos (https://www.abrh.org.br/SGCv3/ consultado em 1-11-2017)....	10
Figura 5 – Esquema formal das componentes de análise, avaliação e gestão do risco (adaptado de Canuti et Casagli, 1994).....	12
Figura 6 - Esquema das categorias e classificações dos danos causados por cheias. Adaptado de (Gonçalves, 2012).	16
Figura 7 - Enquadramento geográfico do Baixo Vale da Vilariça, salientando-se área mais baixa do vale como a mais afetada pelas cheias (imagem extraída do Google Earth, 2017).	24
Figura 8 - (a) Incidência espacial dos trabalhos académicos sobre cheias e inundações (Martins,2017); (b) Áreas de risco de inundação por Região Hidrográfica, de acordo com os Planos de Gestão de Risco de Inundação (PGRI, 2016; APA, 2016); (c) Freguesias abrangidas pela área do Vale da Vilariça (DRAP, 2017).	24
Figura 9 - Cheia de 1962 na Ponte do Sabor (EN 102), (extraída do SNIRH).....	26
Figura 10 - (a) Notícia do Semanário Regional “Jornal do Nordeste” referente à cheia de 2010; (b) Notícia do blog “Torre.Moncorvo” ¹⁰ referente à cheia de 2010.	27
Figura 11 - Mapa representativo das estações meteorológicas e hidrométricas em análise e enquadramento com as albufeiras e respetivas bacias hidrográficas (Ribeira da Vilariça e Sabor), que influenciam os níveis de caudal.....	31

Figura 12 - Inventário de ocorrências de cheias, no Vale da Vilariça, com base nos valores hidrométricos das Estações do Pocinho, Albufeira do Pocinho e Quinta das Laranjeiras, entre 1942 - 2017.....	32
Figura 13 - Notícias sobre as cheias ocorridas no Vale da Vilariça, pesquisadas no Semanário Regional “Mensageiro de Bragança”: 17 de janeiro de 1955 (cima) e abril de 2016 (baixo).....	34
Figura 14 - <i>Timeline</i> das ocorrências de cheias no Vale da Vilariça e respectivas fontes de pesquisa, desde 1715 a 2016.	36
Figura 15 – Hidrograma da cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962, estação meteorológica de Folgares.....	38
Figura 16 - Hidrograma da cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962, estação meteorológica de Travelo.	39
Figura 17 – Precipitação mensal ocorrida na a cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962, estações meteorológicas de Folgares, Travelo e Ponte do Sabor.	39
Figura 18 – Hidrograma da cheia de janeiro e fevereiro de 1966, estação meteorológica de Folgares.....	40
Figura 19 – Hidrograma da cheia de janeiro e fevereiro de 1966, estação meteorológica de Travelo.....	41
Figura 20 – Precipitação mensal ocorrida na cheia de janeiro de 1966 e fevereiro de 1966, estações meteorológicas de Folgares, Travelo e Ponte do Sabor.	41
Figura 21 - Hidrograma da cheia de março de 1969, estação meteorológica de Folgares.	42
Figura 22 -Hidrograma da cheia de março de 1969, estação meteorológica de Travelo	43
Figura 23 - Precipitação mensal ocorrida na cheia de março de 1969, estações meteorológicas de Folgares, Travelo e Ponte do Sabor.....	43
Figura 24 - Hidrograma da cheia de janeiro/fevereiro e março de 2001, estação meteorológica da Junqueira.	44
Figura 25 - Hidrograma da cheia de janeiro/fevereiro e março de 2001, estação meteorológica da Adeganha.	45

Figura 26 - Precipitação mensal ocorrida na cheia de janeiro, fevereiro e março de 2001, estações meteorológicas de Folgares, Junqueira e Adeganha.	45
Figura 27 - Hidrograma da cheia de fevereiro e março de 2010, estação meteorológica de Folgares.	46
Figura 28 - Hidrograma da cheia de fevereiro e março de 2010, estação meteorológica da Junqueira.....	47
Figura 29 - Hidrograma da cheia de abril de 2016, estação meteorológica da Junqueira, Adeganha e Folgares.	48
Figura 30 – Precipitação mensal ocorrida na cheia de abril de 2016, estações meteorológicas de Folgares, Junqueira e Adeganha.....	48
Figura 31 - Hidrograma correspondente á cheia de 2010 e respectivas fotos referentes ao aumento de caudal de dia 25 de fevereiro para dia 3 de março de 2010.	51
Figura 32 - Localização dos diferentes pontos de cheia e respectivas fotos descritivas da cheia de 2010. Fonte: Blogs “O cantinho do Jorge” e “Torre. Moncorvo”.....	52
Figura 33 - Localização das Barragens da Valeira, Pocinho e Baixo Sabor e respetivo Nível Pleno de Armazenamento (NPA).	53
Figura 34 - Ocupação do solo e respetiva localização das áreas agrícolas inundadas nas cheias de 2010 e 2016.....	54
Figura 35 – Marca da cheia de 1962 existente na aldeia da Foz do Sabor.....	55
Figura 36 – Pontos de cheia recolhidos no terreno através de GPS para a reconstrução hidro-histórica do perímetro de inundação ocorrido em 1962.	56
Figura 37 - Ocupação do solo e respetiva localização dos pontos de cheia retirados do GPS e das áreas agrícolas inundadas na cheia de 1962.....	57
Figura 38 – Calendário Agrícola referente às diferentes culturas agrícolas temporárias e permanentes existentes no Vale da Vilariça.	58
Figura 39 – Esquema da Estruturação compósita da Paisagem existente no Vale da Vilariça.	60

Figura 40 – Diferentes culturas agrícolas tendo por base o perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016. (30 de maio de 2018).	62
Figura 41 - Percentagem de cada cultura no perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016. (30 de maio de 2018).	63
Figura 42 - Percentagem de cada cultura no perímetro de inundação da cheia de 1962 (30 de maio de 2018).	63
Figura 43 – Diferentes culturas agrícolas tendo por base o perímetro de inundação da cheia de 1962. (30 de maio de 2018).....	64
Figura 44 - Principais metodologias para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas. Adaptado de Brémond et al., (2013).....	65
Figura 45 - Fluxograma relativo a metodologia adotada para o cálculo de danos causados por inundações para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça.	73
Figura 46 - Mapa de risco de cheia para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação das cheias de 2010/2016. Fonte – SIMA.....	75
Figura 47 - Mapa de risco de cheia para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação da cheia de 1962. Fonte – SIMA.....	77

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Alguns trabalhos/estudos feitos a nível nacional e internacional, sobre os danos causados por inundações, a diferentes elementos expostos.	13
Quadro 2 - Importância da Agricultura nas diferentes Regiões de Portugal. Fonte: INE (2016), Recenseamento Geral da População.	19
Quadro 3 - Classificação de danos agrícolas devido a cheias. Adaptado de (Mao et al, 2016).	21
Quadro 4 - Anos pesquisados no Semanário Regional “Mensageiro de Bragança”, para completar o inventário de ocorrências tendo em conta os dados de caudal das 3 estações hidrométricas em análise, Quinta das Laranjeiras, Pocinho e Albufeira do Pocinho.	33
Quadro 5 - Área que cada cultura ocupa no perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016. (30 de maio de 2018).	61
Quadro 6 - Área que cada cultura ocupa no perímetro de inundação da cheia de 1962. (30 de maio de 2018).	63
Quadro 7 - Velocidade da corrente apreciada de acordo com as respetivas classes. Adaptado de Brémond et al., (2014).	67
Quadro 8 - Diferentes passos a seguir nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas de micro escala. Adaptado de Messner et al., (2007).	68
Quadro 9 - Vantagens e desvantagens nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações sintéticas e empíricas. Adaptado de Merz et al., (2010).	69
Quadro 10 - Vantagens e desvantagens nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações relativas e absolutas. Adaptado de Merz et al., (2010).	70
Quadro 11 - Dano monetário estimado para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação das cheias de 2010-2016.	74
Quadro 12 - Dano monetário estimado para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação da cheia de 1962.	76

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ACB- Análise custo-benefício

ANPC- Autoridade Nacional de Proteção Civil

APA- Agência Portuguesa do Ambiente

CNGRI- Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações

DGADR- Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

DRAP- Direção Regional de Agricultura e Pescas

EDP- Energias de Portugal

EM-DAT- Emergency Events Database

IDH- Índice de Desenvolvimento Humano

INE- Instituto Nacional de Estatística

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change

LNEC- Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NPA – Nível Pleno de Armazenamento

OMM- Organização Mundial de Meteorologia

OMS- Organização Mundial da Saúde

PIB- Produto Interno Bruto

PDM – Plano Diretor Municipal

PGRI- Planos de Gestão dos Riscos de Inundações

REN- Reserva Ecológica Nacional

SIMA – Sistema de Informação de Mercados Agrícolas

SNIRH- Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos

UNDRO- United Nations Disaster Relief Co-ordinator

UNISDR-United Nations Office For Disaster Risk Reduction

ZAC- Zonas Ameaçadas por Cheias

INTRODUÇÃO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Segundo o gabinete das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR, 2016), as catástrofes causadas pelas cheias e inundações afetam mais população que qualquer outro risco natural a nível mundial, representando este perigo cerca de 104 mil milhões de dólares das perdas anuais, entre 1990 até 2013, devidas aos riscos naturais. Do mesmo modo Portugal não é exceção a esta regra sendo as cheias e inundações a catástrofe mais frequente entre o período compreendido de 1960 a 2010 e o segundo que mais população afetou logo após os incêndios florestais (Ramos, 2013, p.13).

Assim, há necessidade de estudar este tipo de temas em áreas geográficas que, a nível nacional não se encontram devidamente estudadas, como é o caso específico do Baixo Vale da Vilarça, no Norte do país.

Pretende-se essencialmente fazer um estudo aprofundado sobre a temática das cheias no Vale da Vilarça, município de Torre de Moncorvo, aplicando metodologias que permitam obter resultados sobre os danos causados em diferentes elementos expostos, sendo o objetivo primordial do trabalho o cálculo dos danos através da quantificação do dano tangível direto para um elemento exposto, neste caso para as áreas agrícolas do Vale da Vilarça que são afetadas por inundações.

Deste modo, é também importante enumerar outros objetivos secundários deste trabalho de investigação, como por exemplo estudar os diferentes eventos e fazer um inventário das ocorrências de cheias no Vale da Vilarça para o maior intervalo temporal possível, calcular a área afetada por cheias para diferentes eventos, frequentes e extraordinários, utilizando diferentes modelos e comparando-os.

É igualmente importante obter conhecimentos e entender aprofundadamente a teoria do risco e suas componentes tendo em conta a sua aplicação na temática das cheias, de forma a tornar o trabalho de investigação realizado um exemplo a seguir na aplicação de estudos de outras áreas críticas a nível nacional, com diferentes características.

Inicialmente foi realizado um inventário de ocorrências de cheias na área de estudo em que se registaram cheias (Figura 1), desde 1715 até a atualidade bem como as principais áreas que foram afetadas e os danos causados nos diferentes eventos. Foram também elaborados hidrogramas para os rios Douro e Sabor e alguns gráficos para se

verificar a existência ou não de alguma correlação entre a precipitação diária e a ocorrência dos principais eventos de cheia no Vale da Vilarça,

De seguida, foram obtidos 2 perímetros de inundação através de duas metodologias diferentes, um para as cheias de 2010/2016 (evento mais frequente, com área inundada mais pequena) e outro para a cheia de 1962 (evento menos frequente e com área inundada mais alargada). A delimitação para o perímetro de inundação de 2010/2016 foi obtida através da localização de marcas de cheia através de fotos, vídeos e informações dos locais sobre os eventos, enquanto o perímetro de inundação da cheia de 1962 foi obtido através da localização de pontos de cheia no terreno através do uso de um GPS, mediante a cota de uma marca de cheia localizada na Foz do Sabor e complementada por informações dos agricultores mais idosos. O resultado final da aplicação destas duas metodologias permitiu fazer uma reconstrução hidro-histórica da área inundada para os diferentes cenários em estudo.

Posteriormente, foi também elaborado um calendário agrícola, com base nos testemunhos orais dos agricultores, para se compreender a distribuição e variação anual das diferentes culturas agrícolas permanentes e temporárias existentes no Vale da Vilarça, bem como a época do ano que se semeiam, colhem e trabalham.

Numa fase final foi aplicada uma metodologia para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas (Deleuze *et al.*, 1991), tendo em conta parâmetros como a época do ano, o tipo de cultura agrícola e a duração da inundação. A aplicação da metodologia para o caso de estudo do Baixo Vale da Vilarça obter três resultados fundamentais, como o dano monetário estimado para cada cultura agrícola, o dano estimado total para os 2 perímetros de Inundação em análise (cheias de 2010/16 e 1962) e também permitiu a elaboração de dois mapas de risco onde se representam no território os custos médios de danos em Euros/Hectare.

No final da dissertação serão enumeradas algumas sugestões de gestão do risco de cheia no Baixo Vale da Vilarça, bem como as principais conclusões registadas em cada capítulo.

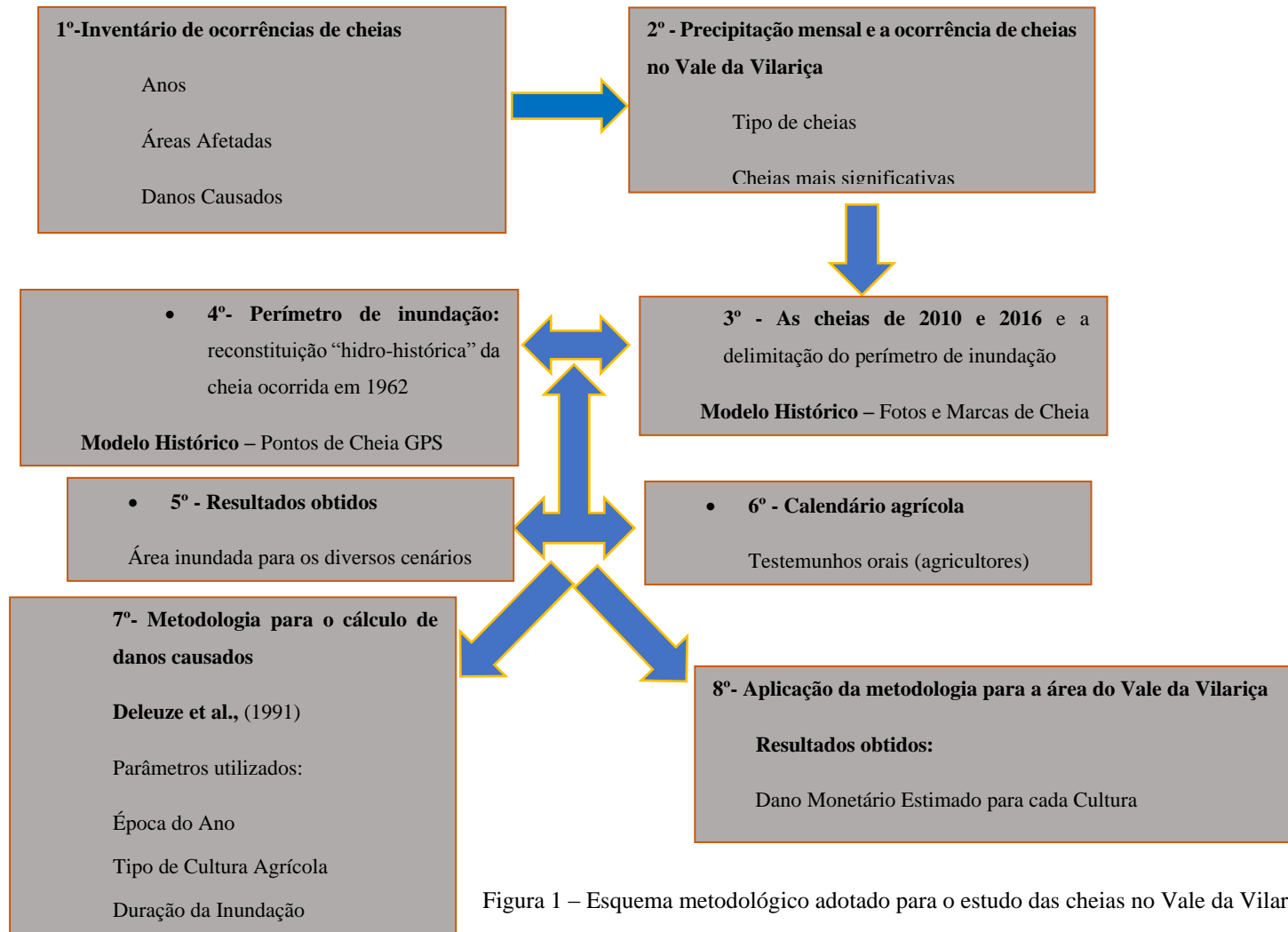


Figura 1 – Esquema metodológico adotado para o estudo das cheias no Vale da Vilariça.

CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

1.1. CHEIAS E INUNDAÇÕES: CONCEITOS, CAUSAS E EFEITOS

1.1.1. DIFERENÇA ENTRE CHEIA E INUNDAÇÃO

O conceito de cheia refere-se a um fenómeno natural extremo, em que um curso de água ultrapassa os seus níveis de retenção associados ao seu leito normal (Figura 2), provocando a subida do nível das águas do rio, inundando deste modo as áreas ribeirinhas (Ramos, 2013). Existe um conceito que se deve esclarecer, porque “*nem todas as inundações são devidas à ocorrência de uma cheia*”, ou seja, consoante as causas, existem vários tipos de inundações sendo elas as seguintes: inundações fluviais ou cheias, inundações de depressões topográficas, inundações costeiras e inundações urbanas.

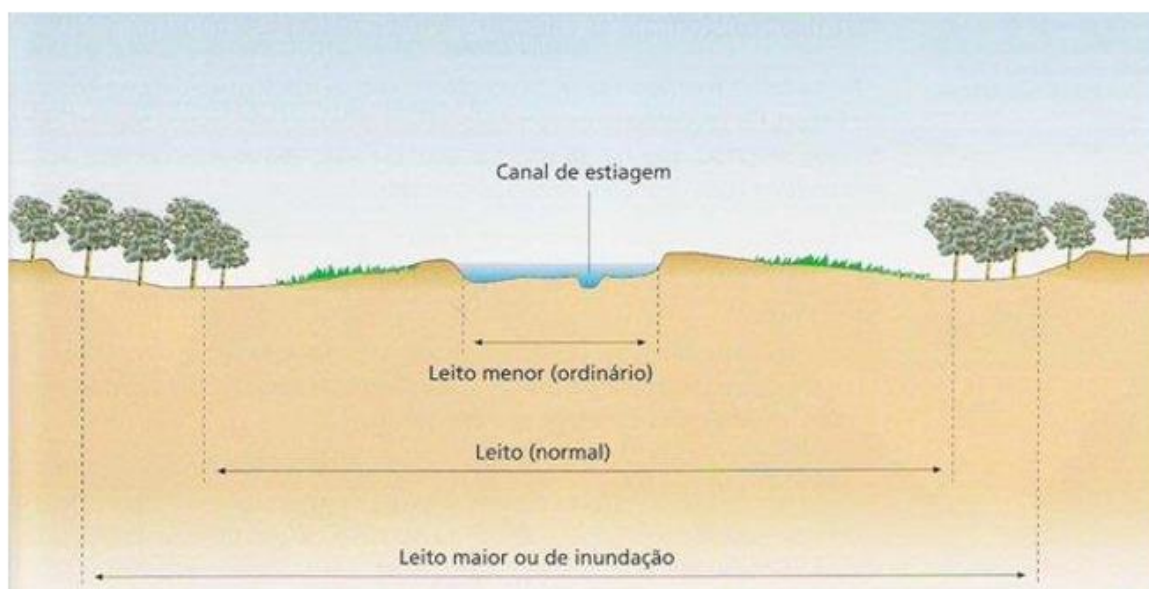


Figura 2 – Modelo simplificado do leito de cheia associado a cheias de ordem fluvial. Adaptado de (Coque,1987).

Assim, segundo Gonçalves (2012, p.22), o conceito de inundação é algo distinto de cheia, porque as inundações “*são um evento igualmente hidrológico, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que compreende a submersão de uma área usualmente emersa*”, ou seja, “*existem inundações que não são devidas aos rios*”, como por exemplo a ocorrência de um galgamento costeiro (Ramos, 2005, p.71).

Neste contexto, segundo Costa (1986), podem-se considerar três tipos de inundações em Portugal, nomeadamente as inundações urbanas, as cheias progressivas e

as cheias rápidas (normalmente designadas por “*flashfloods*”). No entanto, as únicas inundações em análise neste estudo são as de origem fluvial, as devidas aos rios, particularmente as cheias progressivas que surgem essencialmente devido à “*circulação zonal de oeste que varre a Península Ibérica com chuvas frontais provocadas pela passagem sucessiva de depressões subpolares*” (Zêzere *et al.*, 2007), e a “*chuva prolongada promove a saturação do solo, levando a que uma volumetria superior de água flua através da rede hidrográfica, pelo aumento da escorrência superficial*” (Miranda & Baptista, 2006), e também as cheias rápidas que são ocasionadas por períodos pluviosos muito intensos e concentrados em algumas horas, ocorrendo, sobretudo, em pequenos cursos de água (Zêzere *et al.*, 2006). Este processo, em termos meteorológicos, resulta essencialmente de depressões convectivas, *i.e.*, “*gotas frias extremamente ativas ou depressões estacionárias causadas pela interação entre as circulações polar e tropical*” que se traduzem em elevados caudais instantâneos, sendo por isso muito violentas (Ramos, 2005).

Assim, podemos concluir que as cheias progressivas estão associadas a depressões barométricas que dão origem a precipitações não muito intensas, mas prolongadas no tempo, que vão provocar um aumento do caudal dos grandes cursos de água ao longo de vários dias, enquanto as cheias repentinas, estão associadas a depressões barométricas concentradas no tempo e no espaço, que originam precipitações intensas, mas de curta duração, aumentando substancialmente o caudal dos pequenos cursos de água. Segundo Sene (2013) este tipo de cheia (rápidas) acontece até 6 horas após o início da precipitação.

Nesta temática, convém esclarecer que seja qual for o tipo de cheia fluvial em análise (rápida ou progressiva), segundo Ramos (2005), as cheias também podem ser classificadas consoante o número de pontas de cheia, a chamada “*divisão de Pardê*”, em simples e complexas, estando as cheias complexas associadas a um período de maior duração, porque normalmente apresentam um maior número de pontas de cheia *i.e.*, o caudal máximo atingido durante uma cheia.

A ocorrência de cheias e inundações em Portugal, embora nem sempre aconteçam, devem-se essencialmente a causas meteorológicas, sendo este fator o principal causador deste processo. Seja qual for o tipo de inundações, em Portugal, devem-se quase todas a, por exemplo, cheias lentas dos grandes rios; cheias rápidas dos rios e ribeiras de pequenas e médias bacias hidrográficas; subida das águas subterrâneas em locais topograficamente deprimidos; inundações devidas à sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais nos

meios urbanos; inundações costeiras devidas a galgamentos oceânicos ou *storm surge* (Ramos, 2013).

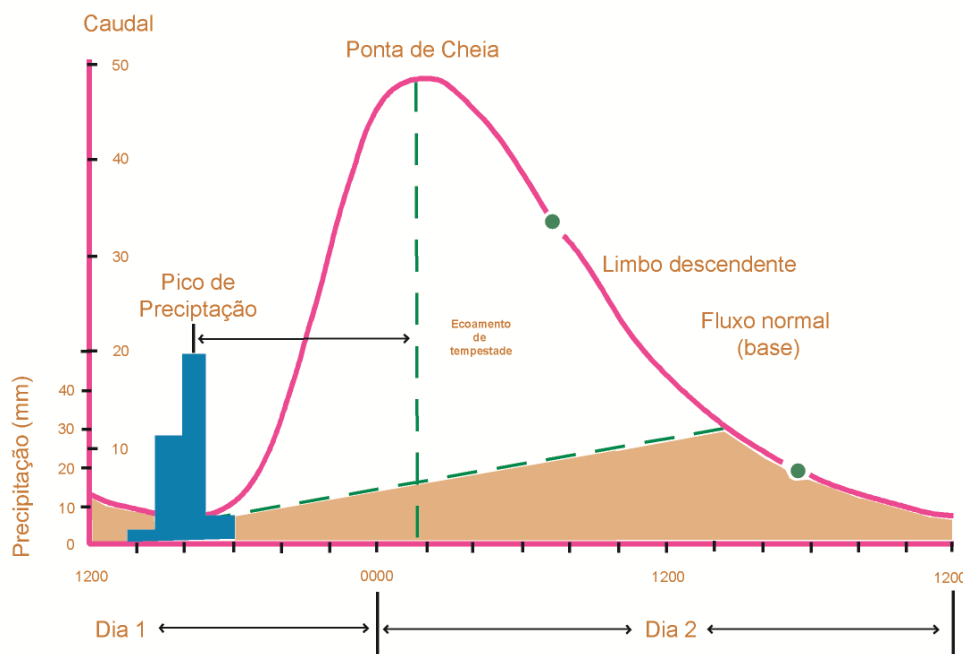


Figura 3 – Hidrograma de cheia e respetivas componentes.

Na temática das cheias é também necessário ter em conta o conceito de período de retorno, que consiste basicamente no intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento (é definido como o inverso da probabilidade de um evento, neste caso caudal, ser igualado ou ultrapassado), sendo que normalmente quanto maior for o período de retorno maior será a área afetada e por consequência maiores serão os danos causados e o conceito de caudal (figura 3) que pode ser definido como o “*volume de água, usualmente expresso em m^3/s , que passa por determinada secção de um curso de água, tendo toda a bacia hidrográfica (a montante do ponto de medição) como contribuinte*” Lencastre e Franco (1992).

Tanto as cheias como as inundações são processos hidrológicos muito complicados de evitar, tornando-se por isso bastante perigosos, sendo que o perigo pode variar conforme a altura da água e os caudais dos rios, a velocidade da corrente e a probabilidade de continuarem a ocorrer processos deste tipo. O perigo associado às cheias e inundações só provoca situações de risco se nas diferentes áreas onde ocorrem existirem elementos vulneráveis às suas consequências, como a existência de população, propriedades, infraestruturas e atividades económicas que se encontram localizadas em

áreas expostas ao processo e que podem ser destruídos ou gravemente afetados (Ramos, 2013).

A definição de perímetros de inundação tem ganho também cada vez mais importância, pois, segundo Gonçalves (2012, p.30) *“a definição de perímetros de inundação, para diferentes períodos de retorno, possibilita o conhecimento das áreas potencialmente afetadas assim como uma ideia da altura de água implícita a cada um dos períodos de retorno considerados.”*, ou seja, é desta forma possível saber quais os diferentes elementos expostos que estão suscetíveis de serem perdidos ou afetados, quando ocorrer uma cheia associada a determinado caudal.

A pluviosidade caracteriza-se então como sendo o fator que mais contribui para a ocorrência de uma cheia, sendo que consoante a intensidade e duração de precipitação se podem originar diferentes tipos de cheias (repentinas ou progressivas). As cheias rápidas estão associadas a chuvas intensas e repentinas, que normalmente são chuvas que duram pouco tempo, tendo as suas consequências concentradas no tempo e espaço, conforme as áreas afetadas. As cheias lentas e prolongadas estão associadas a chuvas de menor intensidade, mas que duram muito tempo, causando deste modo consequências menos acentuadas, em termos de risco para a vida humana, que as cheias rápidas (Ramos, 2013). Os diferentes tipos de cheias que afetam territórios distintos têm também uma certa correlação com os danos causados, ou seja, normalmente as cheias rápidas ou repentinas são mais difíceis de prever que as cheias progressivas, causando por norma maiores danos devido ao seu carácter imprevisível (Sene, 2013).

Tendo em conta todas estas características associadas a este processo, é importante esclarecer que as cheias e as inundações apenas incidem os seus efeitos sobre áreas específicas do território, as denominadas áreas inundáveis, sendo fulcral que exista complementaridade entre a Proteção Civil e as Políticas de Ordenamento do Território, para que através da cartografia destas áreas seja possível intervir no território para mitigar o risco associado a este processo. Neste sentido, foi criado um Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal (Julião, 2009), patrocinado pela Autoridade Nacional de Proteção Civil, Direcção-Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e Instituto Geográfico Português, que tinha como principal objetivo definir todos os elementos associados à avaliação do risco e à sua representação territorial.

De um modo geral, integra-se no cálculo do risco associado a um fenómeno natural, a suscetibilidade, ou seja, as áreas afetadas pelas cheias e a perigosidade deste processo, que tem a ver com a probabilidade de ocorrência de cheias num dado local e num certo período de tempo. Por isso, o Decreto-Lei nº115/2010 de 22 de outubro considera obrigatória a elaboração de Cartas de Risco de Inundação para as áreas que tenham um historial grave tanto em termos de frequência como de influência das cheias e inundações.

Assim, com a evolução do conceito de “risco”, torna-se também importante, para além da avaliação conjunta da suscetibilidade e da perigosidade, a avaliação da exposição dos vários elementos suscetíveis à ocorrência de uma cheia ou inundação, como por exemplo o número de habitantes potencialmente afetados, tipo de atividades económicas potencialmente afetadas, localização de “edifícios sensíveis” entre outros (Ramos, 2013). As cheias são um risco natural que podem ocorrer devido a diversos fatores e também consoante as características dos diferentes territórios.

1.1.2. CAUSAS DAS CHEIAS E FATORES DESENCADEANTES

Existem fatores naturais e antrópicos que podem originar e agravar a propagação de uma cheia. De entre os fatores naturais, para além dos de natureza meteorológica (ocorrência de precipitação), destacam-se os que estão essencialmente associados às características da bacia hidrográfica, nomeadamente: a existência de um solo e subsolo de permeabilidade reduzida, o que implica a existência de um aumento substancial do escoamento superficial da água; as características do relevo, como por exemplo o declive e o desnível; as características da rede de drenagem (densidade, hierarquização e sinuosidade); a densidade e tipo de coberto vegetal; o tipo de revestimento e o grau de cobertura, também se revelam fatores essenciais, pois normalmente, quanto maior for o grau de cobertura de dado coberto vegetal, implica uma diminuição da velocidade de escoamento da água à superfície, aumentando deste modo os níveis de infiltração de água no solo (Campos, 2013).

Assim, é também de referir que normalmente, quanto menor a dimensão e maior o declive da bacia hidrográfica, estão reúnem-se as condições para que cheias ocorram mais facilmente, principalmente devido à elevada concentração de água nos vales, a jusante (Marafuz, 2011).

Outros estudos (Chow 1964, Allaby and Garratt 2003; Konrad 2003; Sunkar and Tonbul 2011; Gavin and Xue 2008) indicam também que não são apenas os fatores naturais supracitados que se relacionam com a ocorrência de uma cheia, existindo outros fatores que influenciam a taxa de infiltração da água no solo, sendo exemplo disso: a humidade do solo, sendo que quanto maior for o nível de saturação do solo menor será a sua capacidade para reter água; a granulometria e tipo de solo estão também relacionados com o potencial de infiltração da água bem como a velocidade com que a mesma se infiltra; a ocupação do solo e o declive das vertentes, estando relacionados essencialmente com duas ideias distintas, a primeira é que quanto maior for o declive menor será o tempo de concentração das águas, e com menores declives se observa o inverso, i.e., verifica-se um aumento do tempo de concentração uma vez que se reúnem condições para existirem elevados níveis de infiltração das águas (Gonçalves, 2012).

Por outro lado, também os fatores antrópicos desencadeantes de cheias estão muito relacionados com o tipo de ocupação do solo quando este se encontra impermeabilizado, ou seja, quando existe construção e pavimentos em leitos de cheia que provocam o aumento do escoamento superficial da água (Campos, 2015, p.24).

Assim e segundo Belo (2012), surgem também referências a mais fatores antrópicos agravantes das cheias, como a existência de infraestruturas rodoviárias em leitos de cheia, à “aglomeração humana, em polos urbanos extensos, muitos dos quais situados junto de rios e em margens do leito de cheia, o encanamento e estreitamento de linhas de água, a obstrução de troços pelos detritos transportados, o aumento consequente da impermeabilização dos solos das margens pelo atapetado contínuo de edificado e infraestruturas rodoviárias e de lazer, certamente terão contribuído para o aumento de desastres provocados por inundações.”.

Deste modo, tendo em conta todos os fatores desencadeantes acima citados e todas as causas que, de um modo geral, condicionam e originam a ocorrência e a dimensão de uma cheia, é de esclarecer que a ocorrência de uma cheia é também sequencial, ou seja, existem fases até que a mesma realmente aconteça e termine, existindo um encadeamento lógico entre as mesmas.

Posto isto, observando a Figura 4 existe uma primeira fase (2a) em que o rio “corre” associado ao seu leito normal; posteriormente verifica-se um aumento do caudal causado essencialmente pela ocorrência de precipitação (2b); de seguida, com o

progressivo aumento do caudal do curso de água, verifica-se a inundação das áreas ribeirinhas contíguas ao rio (2c); depois acontece a inundação das áreas normalmente emersas (2d); seguidamente, atinge-se a ponta de cheia, ou seja, o caudal máximo atingido pelo rio durante a cheia (2e) e por fim, verifica-se uma progressiva redução do caudal após a ocorrência da cheia, existindo áreas ribeirinhas ainda inundadas (2f).

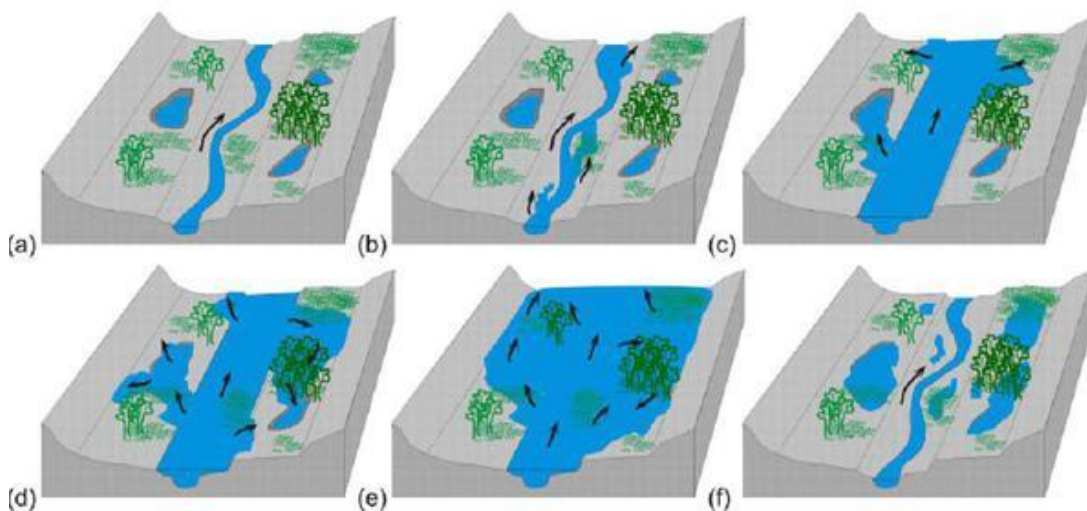


Figura 4 - Fases de uma cheia numa planície de inundação; extraído da Revista Brasileira de Recursos Hídricos (<https://www.abrh.org.br/SGCv3/> consultado em 1-11-2017).

Concluindo, os fatores que mais influenciam a ocorrência e a dimensão de uma cheia é a existência de chuvas intensas, a capacidade de retenção de água no solo e o uso deste por via humana tendo em conta se a sua utilização tornou o solo impermeável ou não e se os leitos e vertentes do rio foram ou não urbanizados (ANPC, 2011).

1.1.3. COMPONENTES DO RISCO

Assim, para o estudo do risco de cheia é necessário ter em conta as principais componentes existentes na teoria do risco, a **probabilidade de ocorrência** do fenómeno perigoso, que tem a ver com a incidência temporal do perigo, o conceito de **suscetibilidade** que é a propensão de uma área ser afetada por um determinado perigo em função de fatores de predisposição, como por exemplo, declive, uso do solo, geologia (Guia Metodológico da Proteção Civil, 2009, p.20).

Também a **perigosidade** é uma componente essencial do risco, permitindo determinar a probabilidade de ocorrência de um fenómeno perigoso com uma determinada intensidade numa determinada área (Guia Metodológico da Proteção Civil, 2009, p.21). Na mesma linha de pensamento, segundo UNDRO (1979) a perigosidade

pode ser entendida como a probabilidade de ocorrência de um fenómeno perigoso com uma determinada severidade, com potencial de destruição elevado.

No entanto, segundo Ramos (2013, p.12), as cheias e inundações só provocam situações de risco se houver elementos a elas expostos, (população, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas), ou seja, tratam-se de atividades que se encontram expostas no território e que são portadoras de determinado valor, UNDRO (1979), localizadas em áreas inundáveis, que possam ser destruídos ou gravemente danificados.

Assim, o **risco/dano potencial**, a probabilidade de ocorrência de um processo (ou fenómeno) perigoso passível de causar danos e respetiva estimativa das suas consequências sobre os elementos expostos (Figura 5), sendo a quantificação do dano e posterior avaliação das possíveis perdas normalmente denominada por **vulnerabilidade** (Sene, 2013, p.23) que se prende com a propensão e predisposição para ser negativamente afetado resultado de características internas dos elementos expostos ao perigo que resultam de fatores físicos, sociais, económicos e ambientais (IPCC, 2012, UNISDR, 2009). Deste modo, segundo o UNDRO (1979) a vulnerabilidade também pode ser definida como o grau de perda do elemento ou conjunto de elementos expostos, resultante da ocorrência de um fenómeno perigoso (natural ou induzido pelo Homem) com uma severidade específica e risco como sendo a possibilidade de ocorrência de consequências gravosas e a respetiva quantificação dos custos, em resultado de um fenómeno perigoso.

Segundo o IPCC (2012), a resiliência consiste na capacidade de um sistema e as suas componentes para antecipar, absorver, acomodar e recuperar dos impactos de eventos perigosos, assegurando a preservação, recuperação e melhoria das suas estruturas e funções básicas.

Isto, porque existe uma certa desigualdade entre os países mais desenvolvidos face aos menos desenvolvidos¹, que condiciona o tempo que uma dada comunidade demora a

¹ O impacto económico das catástrofes no PIB consoante o IDH dos países, refere que em Países com Desenvolvimento Humano Baixo os impactos económicos são reduzidos, mas representam elevada percentagem do PIB (Ex: Incêndios de 1996 na Mongólia, 192% do PIB; Cheias de 1992 no Tajiquistão, 378% do PIB) enquanto que em Países com Desenvolvimento Humano Elevado os impactos económicos são muito elevados mas representam uma baixa percentagem do PIB (Ex: Sismo de Kobe, 1995, 1,92 % do PIB do Japão; Furacão Katrina, 2005, 0,10% do PIB dos EUA).

ultrapassar os danos decorrentes de um evento perigoso, existindo normalmente um maior número de mortes e menores danos em termos económicos nos países mais pobres enquanto nos países mais ricos acontece exatamente o oposto.

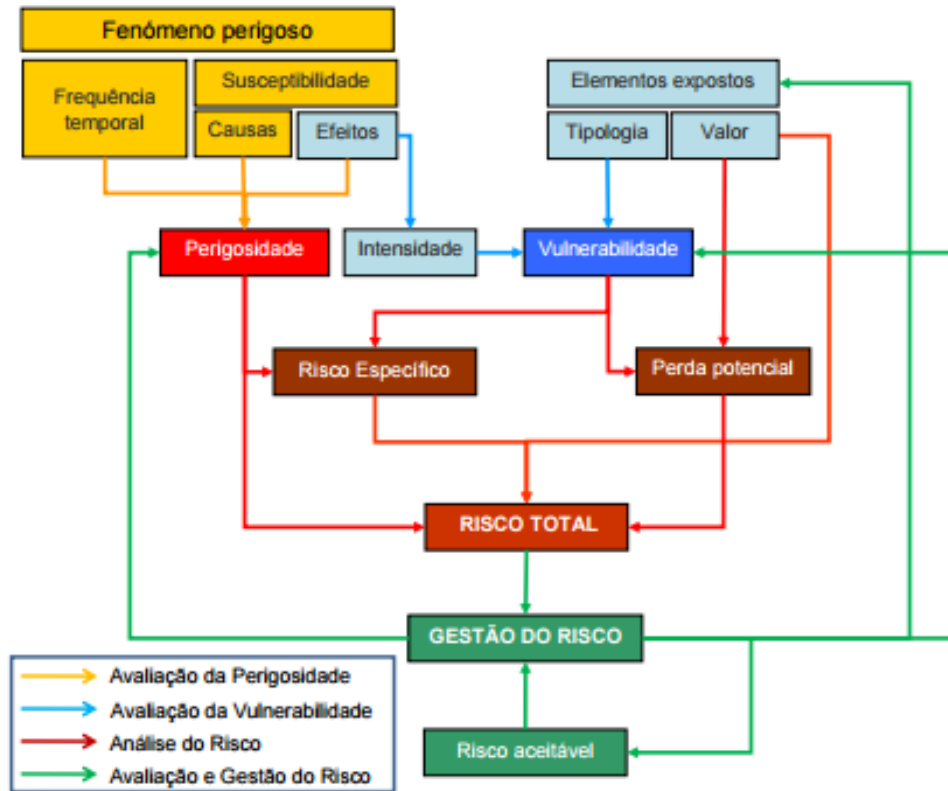


Figura 5 – Esquema formal das componentes de análise, avaliação e gestão do risco (adaptado de Canuti et Casagli, 1994).

De facto, o cálculo do risco de cheia é algo complicado de se obter principalmente devido ao facto de ainda não existir uma metodologia que permita quantificar de forma exata os danos prováveis de acontecer em todos os elementos expostos de dada área que pode ser potencialmente afetada por inundações. O que existe são metodologias para elementos expostos específicos como por exemplo para o edificado, para a população e para áreas agrícolas. Assim, face a esta instabilidade e insegurança perante o futuro, têm surgido atualmente muitos estudos (ver Quadro 1) para o cálculo de danos causados pelas cheias em diferentes períodos de retorno em diferentes regiões da Europa, bem como do Mundo.

Quadro 1 - Alguns trabalhos/estudos realizados nos últimos anos a nível nacional e internacional, sobre os danos causados por inundações, a diferentes elementos expostos.

Artigo/Tese	Elementos Expostos em análise	Área de Estudo	Resultados
Nafari <i>et al.</i> (2017)	Edificado	Bastiglia(Itália)	Danos esperados no edificado (em euros), tendo em conta diferentes períodos de retorno.
Zeleňáková <i>et al.</i> (2017)	Edificado e Áreas Agrícolas	Medzev, Eslováquia	Cálculo dos danos causados pelas cheias (em euros) para o edificado e áreas agrícolas, para os períodos de retorno de 5, 10, 50, 100 e 1000 anos e posterior análise custo benefício de medidas de proteção contra cheias.
Garrote <i>et al.</i> (2016)	Edificado	Pajares de Pedraza (Espanha)	Estimativa dos danos económicos por habitação, para diferentes períodos de retorno, utilizando metodologias para o cálculo de danos causados por inundações de diferentes países estabelecendo comparação, nomeadamente de Espanha, E.U.A, Reino Unido e Holanda.
Zabret <i>et al.</i> (2016)	Áreas agrícolas	Croácia	Análise das culturas mais afetadas por cheias analisando o preço do quilo das diferentes culturas através da pesquisa dos valores de mercado.
Neubert <i>et al.</i> (2016)	Edificado	Gohlis(Alemanha)	Danos esperados no edificado (em euros), tendo em conta diferentes períodos de retorno.
Sofia Campos (2015)	População e atividades económicas	Vila do Conde	Cálculo da vulnerabilidade social e económica para uma área potencialmente afetada por cheias.
Zhang <i>et al.</i> (2014)	Edificado	Kouqian Town (China)	Após se saber o valor de cada habitação (em milhares de yuan), calcula-se os danos estimados no exterior dos edifícios, no interior, bem como os danos potenciais, nas 3 zonas de maior vulnerabilidade.
Leandro (2013)	Pessoas e viaturas (elementos expostos móveis)	Setúbal	Baseou-se num modelo de cálculo da Proteção Civil, tendo em conta a profundidade da água, conclui de forma geral os locais que devem ser evitados quando ocorrer uma cheia.
Forte <i>et al.</i> (2006)	Áreas agrícolas	Rufano (Itália)	Definição de diferentes níveis de vulnerabilidade para as diferentes culturas afetadas e posterior cálculo dos danos (em euros) por hectare.

1.1.4. EFEITOS DAS CHEIAS

Segundo a divisão das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), as catástrofes causadas pelas cheias e inundações afetam mais população que qualquer outro risco natural a nível mundial, representando este perigo cerca de 104 mil milhões de dólares das perdas anuais entre 1990 até 2013 devidas aos riscos naturais. Do mesmo modo, Portugal não é exceção a esta regra sendo as cheias e inundações a

catástrofe mais frequente entre o período compreendido de 1960 a 2010 e o segundo que mais população afetou logo após os incêndios florestais (Ramos, 2013, p.13).

Em termos europeus e mundiais, o risco de inundação é um dos riscos mais comuns causando também danos económicos, sociais e estruturais (Craciunescu et al., 2005, Gharagozlou et al., 2011 e Ahmad & Simonovic, 2011; Alkema, 2007; Yahya et al., 2010). Neste sentido, algumas Organizações Internacionais, nomeadamente a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) têm tentado sensibilizar as populações que, essencialmente devido à constante urbanização e impermeabilização dos solos em leitos de cheia, os desastres provocados por cheias têm aumentado substancialmente (Belo, 2012).

Das várias consequências para a vida humana que a ocorrência de uma cheia pode trazer são de destacar pela sua relevância, a destruição de equipamentos, habitações e unidades industriais, o desalojamento de pessoas, a provável perda de vidas humanas, a destruição de vias de comunicação, a possível quebra de fornecimentos de serviços básicos (água, eletricidade, combustível) e os impactos no meio ambiente (por exemplo, a danificação de culturas agrícolas) (ANPC, 2011).

Tendo em conta todos os danos causados pela ocorrência das cheias em dado local, a medida que se mostrou mais eficaz para diminuir todos os efeitos causados é a prevenção destas, pois só através da identificação e caracterização de cada território nos permite ter uma análise do risco de cheia e também de se tomarem as devidas ações para mitigar a devastação causada pelas cheias, bem como para se entender a cada momento o grau de gravidade de cada situação (ANPC, 2011).

Tendo em conta todos os danos causados pela ocorrência das cheias em dado local, a medida que se mostrou mais eficaz para diminuir todos os efeitos causados é a prevenção destas, pois só através da identificação e caracterização de cada território nos permite ter uma análise do risco de cheia e também de se tomarem as devidas ações para mitigar a devastação causada pelas cheias, bem como para se entender a cada momento o grau de gravidade de cada situação (ANPC, 2011).

Segundo o EM-DAT², quando um fenómeno natural ocorre e provoca grandes danos, surge a classificação de catástrofe, que ocorre quando se verifica pelo menos um

² Em 1988, o Centro de Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) lançou o Emergency Events Database (EM-DAT). O EM-DAT foi criado com o apoio inicial da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do governo belga.

dos seguintes requisitos: o acontecimento provoca 10 ou mais pessoas mortas, 100 ou mais pessoas afetadas, existir um pedido de ajuda internacional e quando se declara estado de emergência. Assim, as cheias e inundações foram a catástrofe mais frequente entre 1960 e 2010 em Portugal, sendo também a segunda catástrofe que mais pessoas afetou e bem como a segunda que mais mortes registou, principalmente com o acontecimento das inundações de Lisboa de 1967 que causaram mais de 500 mortes (Ramos e Reis, 2001; Ramos, 2013), no entanto o número exato de perdas humanas continua por ser determinado³.

Neste sentido, Velhas (1997) aborda a temática das consequências das cheias, dividindo as mesmas em dois grupos, o primeiro alusivo às consequências negativas em que se incluem os danos diretos e indiretos causados por cheias e o segundo referente aos benefícios que a ocorrência de uma cheia pode também trazer. De entre os danos diretos, podemos referir por exemplo a perda de vidas humanas, a perda do património (edifícios, residenciais, vias de comunicação e infraestruturas diversas), perda de stocks, como por exemplo o recheio das edificações e a perda de matérias-primas ou de produtos para distribuição ou consumo futuro; os danos indiretos são por exemplo danos na saúde e no bem estar geral das populações, rutura na rede de transportes e perda de produção e por fim, os benefícios podem ser considerados o incremento da fertilidade do solo, a existência de peixes em abundância e a possibilidade de retirar várias colheitas por ano.

Em estudos recentes, para além da existência de danos diretos e indiretos, estes podem ainda ser classificados em *danos tangíveis diretos e indiretos e em danos intangíveis diretos e indiretos*, segundo Brémond *et al.* (2013). Assim, a principal diferença entre o termo tangível e intangível (Figura 6) é o fato dos danos tangíveis poderem ser quantificados em termos monetários enquanto os danos intangíveis não, como a perda de vidas humanas (Jonkman and Vrijling, 2008).

Segundo Nagem (2008, p.44) o estudo do dano tangível direto no edificado de áreas urbanas tem sido a categoria de dano causado por cheias mais estudado na literatura internacional, essencialmente devido à *“importância política e social desses danos e a relativa facilidade de avaliação destes, uma vez que apresentam menor variabilidade de bens expostos em relação às infraestruturas ou às indústrias, por exemplo”*. Sendo este

³ Costa *et al* (2016) diz que *“Os números oficiais falaram posteriormente de 462 vítimas mortais. A verdade é que ainda hoje não se sabe com rigor quantas pessoas morreram naquela tragédia.”*

facto facilmente comprovável com a análise do Quadro 1, anteriormente referido sobre alguns trabalhos/estudos feitos a nível nacional e internacional, sobre os danos causados por inundações, a diferentes elementos expostos, em que metade destes dizem respeito ao edificado.

Tipo	Tangíveis	Intangíveis
Direto	<ul style="list-style-type: none"> - Residências - Estruturas - Veículos - Agricultura - Infraestruturas e outros edifícios públicos - Interrupção de negócios - Evacuação e operações de salvamento - Reconstrução de defesas contra cheias - Custos de limpeza 	<ul style="list-style-type: none"> - Óbitos - Feridos - Animais - Utilitários e Comunicações - Perdas históricas e culturais - Perdas ambientais
Indireto	<ul style="list-style-type: none"> - Dano a companhias fora da área da cheia - Substituição de produção fora das zonas afetadas - Habitação temporária para os evacuados 	<ul style="list-style-type: none"> - Inquietação social - Danos ao governo

Figura 6 - Esquema das categorias e classificações dos danos causados por cheias. Adaptado de (Gonçalves, 2012).

Outra questão pertinente que surge neste tópico de análise, é se a morte devido a cheias e inundações deve ser considerada como dano tangível ou intangível, pois embora seja considerada pela maioria dos autores (Dassanayake, D.R.; Burzel, A.; Kortenhaus, A.; Oumeraci, H. quais, 2010, p.18) como dano intangível devido essencialmente a questões sociais e religiosas, existem alguns autores que defendem o contrário e *“classificam este prejuízo como tangível direto, uma vez que existem indenizações “para questões relacionadas à morte de pessoas por negligência médica, acidentes de trânsito, etc. Compartilhando da mesma linha de pensamento, MISHAN (1976) apresenta expressões para o cálculo do valor econômico da vida de uma pessoa, analisando, no presente, a sua esperada renda futura.”*, (in Nagem, 2008, p.52).

1.2. CHEIAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS

1.2.1. AGRICULTURA: CONCEITO E IMPORTÂNCIA

Segundo Almeida (2004), o conceito de agricultura ainda não tem uma definição exata devido essencialmente a ser uma atividade económica que cada vez mais tem um carácter multifuncional pois “A enorme dificuldade em definir agricultura, prende-se com complexidade de que se revestem as atividades humanas, que decorrem em determinado momento histórico, ambiente natural e contexto social.”.

Diehl (1984) define agricultura como sendo o “esforço para situar a planta cultivada nas condições ótimas de meio (clima, solo) para lhe tirar o máximo rendimento em quantidade e em qualidade”, ou seja, a agricultura é essencialmente a “Arte de obter do solo, mantendo sempre a sua fertilidade, o máximo lucro”, de acordo com Almeida (2004) esta definição é coerente em termos técnicos, no entanto continuam a faltar referências que abordem as vertentes económica e social da agricultura.

Assim, tendo em conta toda esta diversidade associada ao conceito em análise, Barros (1974) transmite uma definição mais ampla de agricultura, “Artificialização pelo homem do meio natural, com o fim de o tornar mais apto ao desenvolvimento de espécies vegetais e animais, elas próprias melhoradas”, surgindo deste modo segundo o autor, vários domínios onde se enquadra toda esta diversidade associada a este tema, tais como: diversidade em termos do enquadramento paisagístico nos solos; clima; no papel da agricultura em termos globais, Almeida (2004).

Algumas entidades internacionais têm também debruçado os seus estudos sobre a agricultura, bem como em tentar clarificar o conceito e sua definição, assim o Provincial Agricultural Land Commission of British Columbia, citado por Pechhacker (2016) define agricultura como “o uso sistemático e controlado dos organismos vivos e do ambiente para melhorar a condição humana”, realçando desta forma a vertente social da agricultura numa ótica de melhoria das condições de vida da população humana.

Girão (1999), refere o carácter multifuncional e a importância da agricultura não só em termos produtivos mas também a nível social e patrimonial, assim “*A agricultura é um sector multifuncional por excelência, havendo uma progressiva consciência da natureza pública de muitos dos bens e serviços que presta: desde a conservação da natureza e melhoria do espaço rural, ao fornecimento de serviços de lazer e de turismo, passando pela preservação dos produtos regionais, numa ótica de qualidade e de manutenção da diversidade cultural.*”, sendo possível concluir que o desenvolvimento

da agricultura passa também pelo aproveitamento dos recursos endógenos das diferentes regiões para desta forma propiciar o desenvolvimento económico dos territórios.

Em Portugal, a importância do setor agrícola na economia a nível nacional tem vindo a diminuir, no entanto este ramo de atividade continua ainda com uma posição de destaque na economia quando comparado com os restantes países da União Europeia DGADR (2003). Segundo Girão (1999) as adversidades e problemas que o desenvolvimento da agricultura a nível nacional enfrenta estão já estudadas por alguns autores tanto a nível nacional como internacional (MAP 1977; Pearson & Monke, 1987; Soares, 1995), sendo estes problemas essencialmente marcados pela falta de inovação para a modernização do setor, culturas praticadas, técnicas em utilização e a dimensão da propriedade⁴, características estas que levaram Girão (1999) a afirmar que *“O que falta, isso sim, é tudo o resto, a começar pela vontade política para encarar de frente o problema e determinação para o conduzir a bom termo.”*

Apesar de todos estes problemas o setor agrícola assume elevada importância na criação de empregos a nível nacional, trabalhando neste setor 120 230 indivíduos tendo em conta os dados existentes no recenseamento de 2011, INE (2016). No entanto este setor de atividade perdeu 95 368 efetivos durante em relação ao recenseamento de 2001 DGADR (2003). Ao se analisar a importância da agricultura por regiões a nível nacional (Quadro 2), conclui-se que em 2011 a região mais importante em termos da população empregada era o Alentejo, com 9,2% da população empregada, e a Região Autónoma dos Açores, com 6,8%.

Assim a área agrícola em estudo neste trabalho de investigação, o Vale da Vilarça, enquadrasse na região Norte do País, território em que a agricultura assume alguma importância empregando cerca de 40 000 indivíduos da população empregada total na região, sendo desta forma o Vale da Vilarça uma das mais importantes áreas agrícolas do Norte do país, Leonardo (2013., p.11), produzindo grande parte das hortícolas existentes nas grades superfícies comerciais como o Intermarché (Agricultora Catarina Martins, 2018).

⁴ Girão (1979) diz que *“a essência do problema agrícola em Portugal reside primordialmente nas estruturas produtivas do sector, as quais, assentando numa agricultura tradicional, originam níveis de produtividade baixíssimos”*.

Quadro 2 - Importância da Agricultura nas diferentes Regiões de Portugal. Fonte: INE (2016), Recenseamento Geral da População.

Portugal									Unidade: nº pessoas
NUTS II	População residente	Empregada com profissão de 15 e mais anos				Da qual na agricultura, produção animal, caça e silvicultura			
			Total	Empregador	Trabalhador por conta própria	Trabalhador não remunerado	Trabalhador por conta de outrem	Membro ativo de cooperativa	Outra Situação
Norte	3 689 682	1 501 883	39 708	7 890	10 483	3 495	17 115	63	662
Centro	2 327 755	940 211	31 814	6 183	7 901	2 192	15 099	35	404
Lisboa	2 821 876	1 223 276	7 007	1 389	925	192	4 418	16	67
Alentejo	757 302	298 691	27 624	3 769	3 769	330	19 892	51	173
Algarve	451 006	186 191	4 100	681	1 023	112	2 244	6	34

Em suma, é de evidenciar que a maioria da população ativa portuguesa que vive em concelhos do interior trabalhe, essencialmente, na agricultura e, por isso as culturas são um meio de subsistência para as pessoas que lá vivem, bem como a fonte de abastecimento alimentar dos grandes meios urbanos (DGADR, 2003), e quando as cheias causam danos nas culturas existentes as consequências podem ser extremamente graves.

1.2.2. EFEITOS DAS CHEIAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS

A agricultura, frequentemente, ocupa o solo em muitas áreas sujeitas a risco de inundação, pois são normalmente localizadas em áreas de planície fluvial. Assim, é fundamental definir políticas de gestão de risco de inundações, que devem incidir essencialmente na implementação de medidas de proteção e de mitigação contra este risco, como por exemplo restaurar a plataforma fluvial e informar as populações de como devem aprender a viver com as cheias (Messner *et al.*, 2007; Brémond *et al.*, 2013; Merz *et al.*, 2010; Tapia-Silva *et al.*, 2011; Chau *et al.*, 2013).

A nível europeu, tem surgido uma constante preocupação de diversos autores (Merz *et al.*, 2010) para a avaliação em termos económicos dos projetos de gestão de risco de inundação. No entanto os danos económicos do setor agrícola são normalmente muito inferiores quando comparados com os danos existentes em áreas urbanas, o que levou a que a avaliação dos danos causados por cheias em áreas agrícolas apenas seja estudada usando abordagens simples e estimativas aproximadas. Dessa forma, a avaliação dos danos causados pelas inundações em áreas agrícolas torna-se um problema a enfrentar (Merz *et al.*, 2010; Brémond *et al.*, 2013; Pechhacker, 2016).

Assim, a avaliação dos danos causados por cheias e inundações em áreas agrícolas assume extrema importância para se definirem as melhores estratégias de mitigação para se reduzirem os efeitos negativos causados por este processo. Do mesmo modo, é de salientar que se deve também ter em conta o valor dos danos prováveis em comparação com o custo da implementação de dada medida de mitigação, pois se o valor do dano for reduzido, a medida não deve ser implementada porque o investimento não seria razoável, o nome dado a este tipo de estudo são as denominadas análises custo-benefício (ACB), Pechhacker, (2016).

Para se realizar uma correta avaliação dos danos causados por inundações em áreas agrícolas, é necessário ter em conta que o setor agrícola inclui perdas em termos de produtos agrícolas, equipamentos e infraestrutura agrícola, sendo esta avaliação normalmente enquadrada nos danos tangíveis diretos, ou seja, danos que podem ser contabilizados em termos monetários (Merz *et al.*, 2010).

Na análise dos danos esperados é necessário esclarecer que o dano às culturas depende da frequência e da duração das inundações e não da altura da coluna de água por isso os danos ao solo podem ser relevantes quando causam uma redução do rendimento e da qualidade de produtos agrícolas, originando despesas extra, (Merz *et al.*, 2010).

A frequência das inundações (perigosidade) representa o número de vezes que este processo ocorre ao longo dos anos, bem como dentro de cada ano, existindo uma certa relação entre o período de tempo que ocorrem e a preocupação que a população tem em se tentar prevenir, pois normalmente quando inundações ocorrem entre longos períodos de tempo existe uma tendência para as populações se esquecerem e por consequência pensarem que o risco deixou de existir (Nagem, 2008, p.16). Por outro lado, a frequência das inundações está relacionada com os danos causados em áreas agrícolas, principalmente tendo em conta a época do ano em que ocorrem, porque inundações em julho, resultam em danos muito maiores para as culturas de grão de verão, antes da época da colheita, do que inundações em agosto, ou seja, após a época da colheita, (Penning-Rowell *et al.*, 2003; Merz *et al.*, 2010).

A duração das inundações está diretamente relacionada com o facto de quanto maior for a duração de dada inundação, maior será a probabilidade de o número de pessoas afetadas e desalojadas aumentar, bem como a possibilidade de surgirem doenças (Nagem, 2008, p.16). Na ótica das áreas agrícolas, a duração da inundação assume uma relação com os danos causados em diferentes culturas, porque existe um

tempo máximo tolerável para cada cultura, devido à falta de oxigénio no solo causado pela submersão das mesmas. Por exemplo, culturas como a batata não resistem mais de 24 horas submersas enquanto culturas como a soja resistem 3 dias ou mais até sucumbirem totalmente, (Citeau, 2003; Berglund, 2005; Glogoza, 2005), podendo até estar submersas menos tempo, e serem destruídas de modo igual, fator que depende da força da corrente, na subida, durante, e na descida da coluna de água. Assim, uma forma para se obter o dano total esperado em dada área agrícola afetada por inundações está relacionada com o cálculo do valor de mercado que poderia ter sido obtido pela colheita, caso esta não tivesse sido afetada por inundações (Merz *et al.*, 2010). Deste modo, os efeitos das cheias em áreas agrícolas podem ser considerados como *diretos instantâneos ou induzidos e indiretos instantâneos ou induzidos* (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação de danos agrícolas devido a cheias. Adaptado de (Mao et al, 2016).

	Instantâneo (durante o período de inundação)	Induzido (após a inundação)
Direto (devido à exposição à inundação)	<ul style="list-style-type: none">- Perda de colheitas e redução de rendimento- Mortes de gado- Perda de produtos pecuários (por exemplo, leite)- Danos ao material vegetal perene- Danos ao solo- Danos aos edifícios- Danos às máquinas- Danos à infraestrutura (por exemplo, estradas)	<ul style="list-style-type: none">- Perda de valor agregado devido à indisponibilidade de fatores de produção (maquinaria, entradas, etc.)- Custo de deslocalização ou venda prematura de gado- Custo de alimentos adicionais para gado- Redução do tamanho do rebanho- Perda de valor agregado devido à perda de rendimento nos primeiros anos após a replantação de material vegetal perene (pomar, vinha) ou sementeira
Indireto (não diretamente devido à exposição à inundação)	<ul style="list-style-type: none">- Aumento do tempo de viagem devido a danos à infraestrutura- Atraso ou cancelamento do fornecimento da área inundada (entradas, maquinaria, etc.)	<ul style="list-style-type: none">- Perda de valor agregado fora da área inundada devido a danos à infraestrutura- Perda de valor agregado fora da área inundada devido à interrupção do negócio dos ativos na área inundada

Os danos diretos instantâneos ocorrem durante o período de inundação como por exemplo a perda das colheitas e os induzidos surgem após a inundação como por exemplo os custos adicionais para alimentação de gado. Da mesma forma os danos *indiretos instantâneos ou induzidos* surgem de forma indireta face à exposição à inundação, como por exemplo o atraso ou cancelamento do fornecimento das culturas agrícolas.

CAPÍTULO 2 - CHEIAS NO VALE DA VILARIÇA

2.1. OS PLANOS DE GESTÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÕES (PGRI)

A Diretiva “Inundações” (2007/60/CE) transposta para a legislação nacional pelo Decreto-lei n.º 115/2010, demonstra claramente uma grande preocupação com a temática das cheias e inundações, pelos países da União Europeia, bem como em Portugal.

Assim, cabe a cada país determinar as áreas mais críticas em termos de risco de cheias e inundações para que seja feita uma gestão eficaz do risco de inundação tendo em conta as especificidades de cada local.

Em Portugal, após a Resolução do Conselho de Ministros n.º 22-A/2016, de 18 de novembro, surgem os Planos de Gestão de Riscos de Inundações (PGRI) a executar no período de 2016-2021, sendo o documento de base para a definição de áreas críticas nas diferentes Regiões de Portugal, embora também a Lei n.º 166/2008 da Reserva Ecológica Nacional (REN) inclui as zonas ameaçadas pelas cheias (ZAC).

No entanto, a título de exemplo, na Região Hidrográfica Norte (RH3) de Portugal, apenas estão contempladas 3 áreas críticas no PGRI (Porto, Régua e Chaves), existindo claramente um carácter minimalista na definição destas áreas num território tão vasto e com outros locais críticos em relação à temática das cheias, mas que não estão devidamente estudados e onde persiste um longo trabalho a realizar.

Deste modo, o método utilizado para a definição das zonas críticas para além da recolha de informação sobre o número de ocorrências e os danos causados em diversos organismos como o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e a Energias de Portugal (EDP) para os séculos XIX, XX e XXI, apenas foram definidas as áreas do país que tivessem, no período de tempo considerado, a ocorrência de eventos de cheia que tenha provocado em simultâneo pelo menos 1 morto e 15 afetados (APA, 2015).

Tendo em conta as condições anteriormente referidas, a Autoridade Nacional da Água seguindo o que foi estabelecido na Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações (CNGRI), reportou à Comissão Europeia 22 zonas críticas em termos de risco de inundação no território nacional, a maioria das áreas já abrangidas no Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos - SVARH (APA, 2015).

A área do Vale da Vilariça, setor não abrangido no PGRI, constitui uma área constantemente ameaçada pelas cheias (com vários eventos documentados nos periódicos regionais) que implicaram graves danos em termos económicos (DRAPN, 2016), visto que se trata de uma das áreas agrícolas mais férteis a nível nacional (Leonardo, 2013., p.11).

Inserindo-se o Vale da Vilariça na Região Hidrográfica 3 (RH3), e não tendo sido abrangido como uma área crítica na definição dos PGRI, é de esclarecer que as referências a problemas devido a inundações, nomeadamente o registo a mortes de pessoas por afogamento já remontam a 1715⁵, nas alturas do inverno em que as pontes que ligavam as duas margens da ribeira da Vilariça estavam destruídas (Leonardo, 2013).

Para além disto, poucos são os trabalhos académicos que tratem diretamente a temática das cheias e inundações que afetaram o Vale da Vilariça, sendo conhecido o trabalho de Leonardo (2013), que faz referência a cheias ocorridas no século XVIII na área conhecida como o “*Baixo Vale da Vilariça*” (Figura 7), denominada segundo Visconde de Vila Maior⁶ como a “*a mais bella e rica de toda a Villariça*” e a área onde existe maior influência das cheias do rio Sabor e da ribeira da Vilariça, segundo José António de Sá⁷.

A nível nacional, conclui-se que a maioria dos estudos realizados se localizam essencialmente nos rios do norte e centro do país, nomeadamente os rios internacionais e respetivas bacias hidrográficas, como é o caso dos rios Douro e Tejo (Martins, 2017).

⁵ Segundo os Provimentos e autos de correição, lv. 3, fls. 120 (AHTM, PCTM) “*grandes perigos que tem susedido nos vaos della de muita gente que se tem afogado por ser tan caudeloza*”.

⁶ Nasceu em Moncorvo a 5 de outubro de 1809 e morreu em Coimbra a 20 de Outubro de 1884. (in Farrapos de Memória)

⁷ “Descrição Económica da Torre de Moncorvo”, in: Memórias Económicas da Academia Real das Ciências de Lisboa, Tomo III, Ed. Banco de Portugal, Lisboa, 1991.

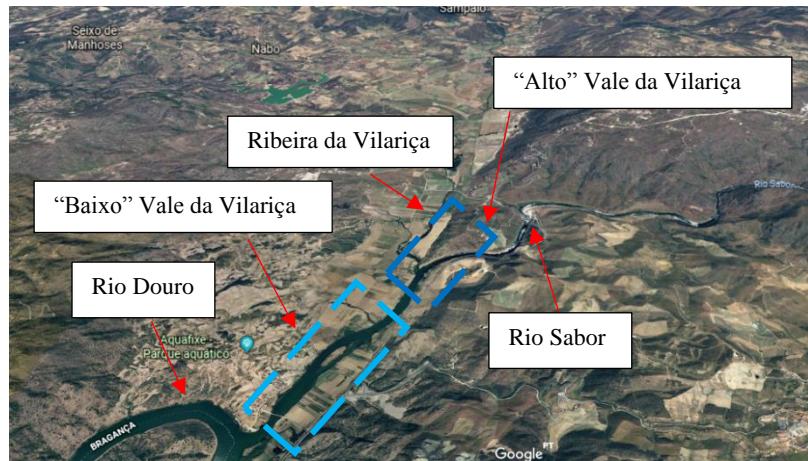


Figura 7 - Enquadramento geográfico do Baixo Vale da Vilarça, salientando-se área mais baixa do vale como a mais afetada pelas cheias (imagem extraída do Google Earth, 2017).

No entanto, já existem recentemente trabalhos académicos em que foi elaborado um inventário de todos os trabalhos sobre a temática das cheias e inundações e a sua incidência espacial (Figura 8a) (Campos, 2015; Martins, 2017). Tendo em conta a amostra dos 85 trabalhos representados, conclui-se que não existe registo nenhum estudo sobre o rio Sabor nem sobre a temática das cheias e inundações no Vale da Vilarça (Figura 8b e Figura 8c).

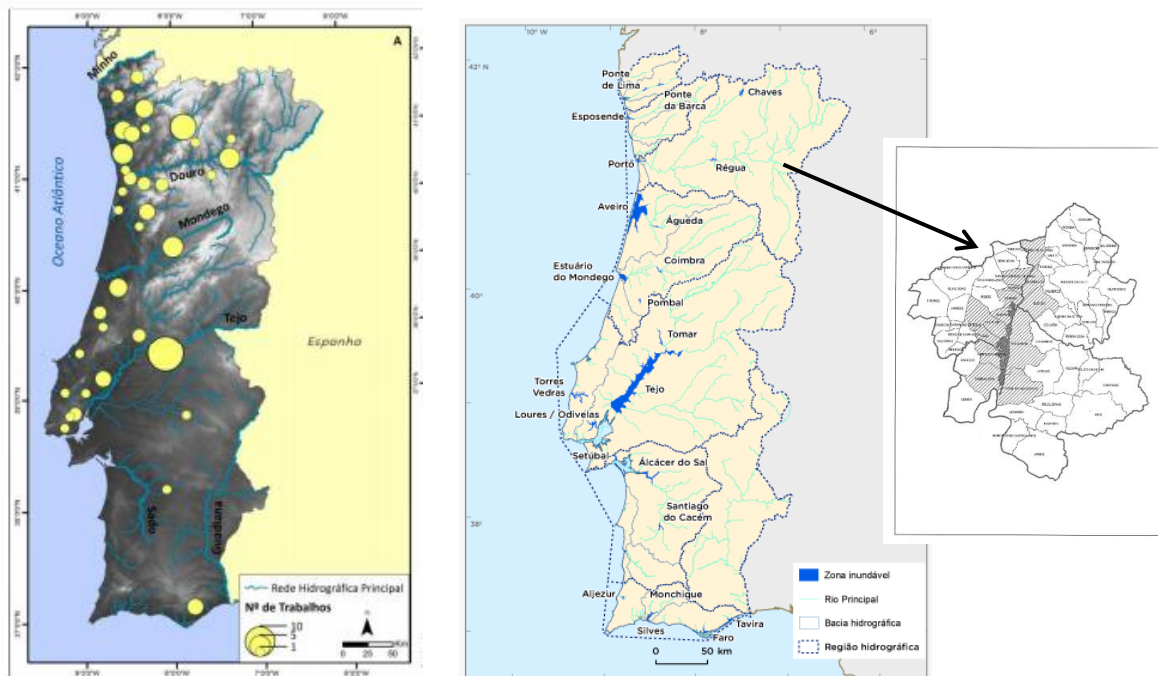


Figura 8 - (a) Incidência espacial dos trabalhos académicos sobre cheias e inundações (Martins, 2017); (b) Áreas de risco de inundação por Região Hidrográfica, de acordo com os Planos de Gestão de Risco de Inundação (PGRI, 2016; APA, 2016); (c) Freguesias abrangidas pela área do Vale da Vilarça (DRAP, 2017).

Por outro lado, verifica-se também alguma correlação entre a distribuição espacial dos estudos e a localização das áreas de risco de inundação por Região Hidrográfica definidas nos Planos de Gestão de Risco de Inundação (PGRI), como é o caso do Porto na RH3 e de Santarém na RH5.

A falta de trabalhos académicos na área do Vale da Vilarça, revela-se deste modo uma oportunidade para o desenvolvimento de estudos sobre o tema das cheias e inundações em área de risco, mas que ainda não se encontram devidamente analisadas.

2.2. CHEIAS NA VILARÇA E O EFEITO DA “REBOFA”

A rebofa é um termo utilizado localmente pela população da região da Vilarça para designar a ocorrência de uma cheia, no entanto este termo é mais que isso, reflete também o processo de contracorrente junto à margem dos rios caudalosos (Monteiro, 1995).

Aplicado ao contexto existente na região do Vale da Vilarça, a rebofa ocorre quando o rio Douro aumenta significativamente o seu caudal até transbordar primeiro que o rio Sabor, obrigando as águas do rio Sabor a um refluxo e que passem a “correr” de jusante para montante, originando o transbordamento e inundação do vale numa área extensa (Leonardo, 2013, p.24).

Segundo Gomes *et al.* (2014) “*o regime irregular do Rio Sabor (Daveau, 1999) é afetado por cheias importantes, as quais, em secções mais apertadas do vale podem elevar a coluna de água a cerca de 20m acima do seu leito normal.*”. Evidencia desta elevação é por exemplo a cheia de 2 de janeiro de 1962 que atingiu a Ponte do Sabor (EN 102) que se localiza 23 metros acima do leito normal do rio Sabor (Figura 9).



Figura 9 - Cheia de 1962 na Ponte do Sabor (EN 102), (extraída do SNIRH).

De esclarecer também que existem designações locais para os terrenos que são afetados por cheias, tendo por base a cota de água atingida por dada cheia, nomeadamente as “courelas” que é uma parte de terreno de aluvião que se localiza na parte mais funda da planície, “barrais” as terras das margens só inundadas apenas em épocas excecionais e “cabeceiras” as de mais alta cota, em que a cheia não tem influência⁸.

Antigamente as ditas “rebofas”, ou seja, as cheias periódicas da Vilarça, ocorriam anualmente⁹, principalmente devido ao fato de não existir um leito definido tanto para a ribeira da Vilarça como para o rio Sabor, o que também causava problemas em termos de utilização das propriedades porque “*Os cursos de água tanto são fundamentais para a fertilidade das terras, particularmente as que lhe estão adjacentes, através do fenómeno da rebofa, como para a destruição ou inutilização das propriedades.*”, (Leonardo, 2013,p.92).

Assim, os problemas relacionados com o carácter irregular do caudal da ribeira da Vilarça e do rio Sabor apenas começam a ser atenuados com a construção dos principais empreendimentos hidroelétricos do século XX (por exemplo, a Barragem da Valeira e Barragem do Pocinho), essencialmente de “*forma a conter a corrente do rio e aproveitar*

⁸ Extraído de, Monteiro, A Rebofa, in: "Ares da minha serra", reed. da CMTM, 1995 [1ª. ed. 1933].

⁹ Extraído de, Campos, "A evolução da paisagem agrária no Douro Superior" in *Viver e saber Fazer. Tecnologias tradicionais na região do Douro. Estudos preliminares* (coord. de Prof. Doutora Teresa Soeiro), edição do Museu do Douro, Peso da Régua, 2003 [1ª. ed.].

a água para o regadio controlado do vale” (Leonardo, 2013, p.74), verificando-se desta forma a “rebofa” apenas nos anos mais chuvosos quando se esgota a capacidade de retenção das barragens, em vez de anualmente.

As ocorrências das rebofas tinham também duas particularidades, ou seja, tanto contribuíam para o aumento da fertilidade do solo como para arruinarem as culturas agrícolas existentes, pois segundo (Leonardo, 2013, p. 24) *“Este acontecimento permite que as terras fiquem repletas de matéria orgânica, contribuindo de uma forma especial para o seu enriquecimento, no caso de a descida posterior ocorrer de forma lenta e gradual. Porém, se a descida das águas for muito abrupta, acontece o inverso, isto é, verifica-se o desaparecimento da matéria orgânica depositada com cheias anteriores, surgindo vastos areais. Assim, o rio é como um árbitro que tanto dá como tira.”*, (Figuras 10 A/B).



Figura 10 - (a) Notícia do Semanário Regional “Jornal do Nordeste” referente à cheia de 2010; (b) Notícia do blog “Torre.Moncorvo”10 referente à cheia de 2010.

Assim, sempre que existem anos em que a “rebofa” acontece, normalmente em anos de maior precipitação, existe uma preocupação pela parte dos meios de comunicação

social nomeadamente Jornais da Região, como por exemplo o Semanário Regional “Jornal do Nordeste”, em noticiar os episódios de cheia, como se verificou no ano de 2010 em que de uma forma um pouco “sensacionalista” o jornal em questão, compara o fenómeno da “rebofa” a um tsunami que ocorre na região do Nordeste (Figura 10 - A).

Tendo em conta a cheia ocorrida no mesmo ano também o blog “Torre.Moncorvo” noticiou o episódio de cheia utilizando a palavra “voltou” para a “rebofa” que ocorreu na área da Vilarça, revelando desta forma um certo carácter de normalidade do fenómeno ocorrer na região, transmitindo a ideia de que já aconteceu no passado. Observando a imagem (Figura 10 - B) é possível observar a cota de água atingida pela cheia de 2010 nas proximidades com a aldeia da Foz do Sabor, que causou a submersão das áreas agrícolas normalmente emersas.

2.3. INVENTÁRIO DE OCORRÊNCIAS DE CHEIAS – VALE DA VILARÇA

A necessidade de se realizar um inventário de ocorrências de cheias na área em estudo (Vale da Vilarça), deve-se essencialmente a três razões: a primeira é o facto de ser uma área muito pouco estudada na temática das cheias, sendo os únicos estudos feitos que falaram um pouco sobre a temática das cheias e inundações no Vale da Vilarça foram na dissertação de Rui Leonardo (2013), no Plano Municipal de Emergência da Proteção Civil do Concelho de Torre de Moncorvo e no Plano Diretor Municipal de Vila Flor (planta de condicionantes); a segunda razão é o facto de se recolher a maior informação do tema em termos do número total de ocorrências e se têm vindo a aumentar ou a diminuir até à atualidade (ordem cronológica dos eventos de cheia) (Figura 14) e a terceira razão é o facto de para além de se tentar perceber quando este processo ou fenómeno perigoso acontece, entender, estudar e explicar quando existem elementos expostos a este risco, avaliando os danos causados (Marafuz, 2011).

Assim, para a realização do inventário de ocorrências de cheias no Vale da Vilarça, foi necessário, inicialmente elaborar um primeiro inventário feito com base nas pesquisas em fotos (por exemplo as existentes nos blogs “O cantinho do Jorge” e “Farrapos de Memória), na EDP (Energias de Portugal), SNIRH (Sistema de Informação de Recursos Hídricos) e com base em referências textuais de ocorrências de cheias no Vale da Vilarça da dissertação de Rui Leonardo (2013), para se ter noção com algum

pormenor do historial da área em estudo em termos de inundações, bem como as áreas que foram afetadas e os danos registados em cada cheia (Anexo 1) (Figura 12).

No século XVIII registaram-se três ocorrências de cheias no Vale da Vilariça, particularmente nos anos de 1715, 1780 e 1782, toda a área do Vale da Vilariça foi afetada juntamente com as áreas próximas da ribeira da Vilariça. Os danos causados, refletiram-se em mortes de pessoas por afogamento¹⁰, destruição dos vaus de atravessamento do rio, destruição de árvores, destruição de searas e destruição de culturas como o cânhamo (Leonardo, 2013, pp.22;84).

No século XIX registaram-se, tendo em conta o método de pesquisa 2 ocorrências de cheias na área em estudo, nomeadamente nos anos de 1832 e 1845, a única área afetada na referência textual é apenas a ribeira da Vilariça e em termos de danos causados, incidiram essencialmente na destruição de culturas agrícolas e em danos na ponte da ribeira da Vilariça¹¹ (Leonardo, 2013, pp. 88).

Seguidamente, no século XX, foram registadas 6 ocorrências de cheias (1909/1955/1961/62/1966/1969), encontradas em (Leonardo, 2013) e nos blogs anteriormente citados, nomeadamente “O cantinho do Jorge” e “Farrapos de Memória”, sendo que as áreas afetadas se resumem a toda a área do Vale da Vilariça e os danos são nas quintas, nas culturas agrícolas, na ponte de acesso à aldeia da Foz do Sabor que ficou inacessível devido à submersão da mesma e na destruição total da conhecida por “casa da Quinta”¹².

Já no século XXI, foram registadas 5 ocorrências (2001, 2006, 2010, 2014 e 2016) de cheias no Vale da Vilariça, sendo a área afetada principalmente a Foz do Sabor e também o Vale da Vilariça, em termos de danos causados são de evidenciar os danos nas

¹⁰ Leonardo (2013, pp.84) diz que “grandes perigos que tem susedido nos vaos della de muita gente que se tem afogado por ser tan caudeloza”, 302 AHTM, PCTM, Provimentos e autos de correição, lv. 3, fls. 120.

¹¹ Leonardo (2013, pp.88) diz que “na sequência de cheias da ribeira, alude-se à existência da ponte, dizendo, na primeira data, que é “uma ponte de pao”.”. AHTM, CMTM, Actas, lv. 121, fl. 66.

¹² Leonardo (2013, pp.52) diz que “A casa da quinta construída em 1859, conforme consta num lintel de uma das portas, ficou totalmente submersa por mais de uma vez. A atestá-lo está uma marca, no paramento norte, relativa á cheia de 1966. Ora, sabemos que quer a cheia de 1909, 1955 e 1961 atingiram maiores proporções, tendo sido mais devastadoras.”.

culturas agrícolas¹³, estragos na praia fluvial da Foz do Sabor e a ponte de acesso à aldeia volta a ficar inacessível.

Posteriormente, depois de ter uma ideia das cheias que ocorreram no passado, no Vale da Vilariça, foram analisados os caudais disponíveis no SNIRH (<https://snirh.apambiente.pt/>) para os rios Douro e Sabor, isto, para se aferir a existência de algum limiar de caudal comparando-os com os registos de ocorrência de cheias na área. Para esta área o SNIRH disponibiliza 3 estações hidrométricas (Figura 11) com registos de séries anuais, nomeadamente, as estações do Pocinho, Albufeira do Pocinho e Quinta das Laranjeiras (Anexo 2).

Pela análise dos hidrogramas, aceita-se um total de 11 ocorrências de cheias com base nos valores hidrométricos das estações em análise, contando que não existem dados em todas as estações, desde 1978 até 1996, o que poderá obviar algumas ocorrências de cheia dado que existe uma lacuna de registos de caudais de quase 20 anos.

Em 1956, a cheia que ocorreu registou um caudal de quase 5000 m³/s medidos pela estação hidrométrica do Pocinho. No ano de 1960, outro evento de cheia, em que o caudal volta novamente a atingir os 5000 m³/s. Posteriormente, seguiram-se anos em que as ocorrências registadas chegam a ter um caráter extraordinário, nomeadamente em 1961/1962, com caudais próximos dos 10 000 m³/s e no ano de 1966, em que o caudal ultrapassou ligeiramente os 8000 m³/s. Seguidamente, registam-se duas cheias com um caudal muito próximo dos 5000 m³/s, nomeadamente em 1969 e 2001.

Assim sendo, e tendo em conta o período da ausência de dados, de 2001 até atualmente todas as ocorrências de cheias se limitam entre os 4000 m³/s e os 2000 m³/s (Estações Hidrométricas do Pocinho e Albufeira, Rio Douro) de caudal, particularmente nos anos de 2006, 2010, 2012, 2014 e 2016.

A análise dos dados parece evidenciar uma “tendência” em termos de relação caudal-ocorrência de cheias no Vale da Vilariça (sector Sabor-Douro) que nos aponta para um limiar de cheia, ou seja, não se verificaram cheias nos anos em que o caudal foi inferior a 800 m³/s na estação hidrométrica da Quinta das Laranjeiras (Rio Sabor) e inferior a 2000 m³/s nas estações do Pocinho (Rio Douro).

¹³ Segundo a notícia online “Cheias provocam prejuízos de milhares a agricultores”, existiram, na cheia de 2016, prejuízos de 90% nas culturas agrícolas (principalmente nas hortícolas).

Assim, existiram anos em que muito provavelmente ocorreram cheias dada a existência de um caudal muito superior ao do “limiar crítico” anteriormente referido em m³/s (como por exemplo nos anos de 1955 e 1948), mas que não foram encontrados registos das mesmas tendo em conta a amostra até então pesquisada.

Desta forma, realizou-se uma pesquisa ao Semanário Regional “Mensageiro de Bragança” que permitiu pesquisar desde a data em que foi fundado (1 de janeiro de 1940) até à atualidade, se existiram cheias nas datas em falta que se verificou um caudal elevado, bem como nas até então registadas de forma a recolher a maior informação possível de cheias que ocorreram no Vale da Vilarça.

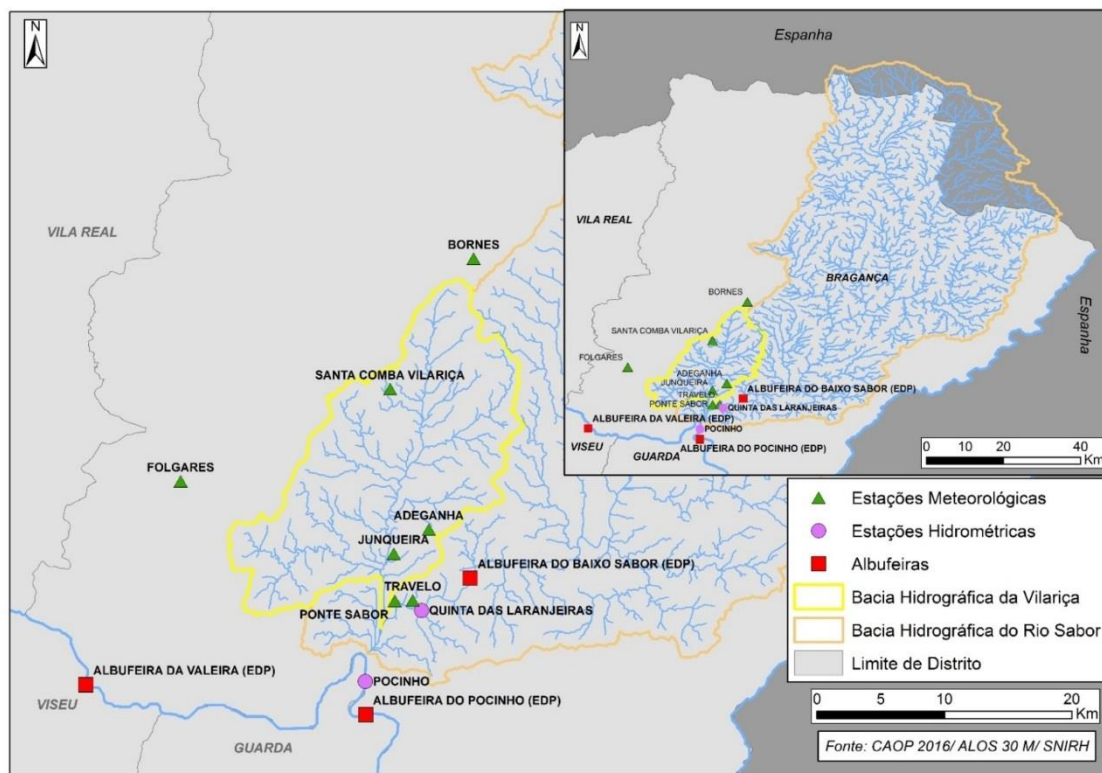


Figura 11 - Mapa representativo das estações meteorológicas e hidrométricas em análise e enquadramento com as albufeiras e respetivas bacias hidrográficas (Ribeira da Vilarça e Sabor), que influenciam os níveis de caudal.

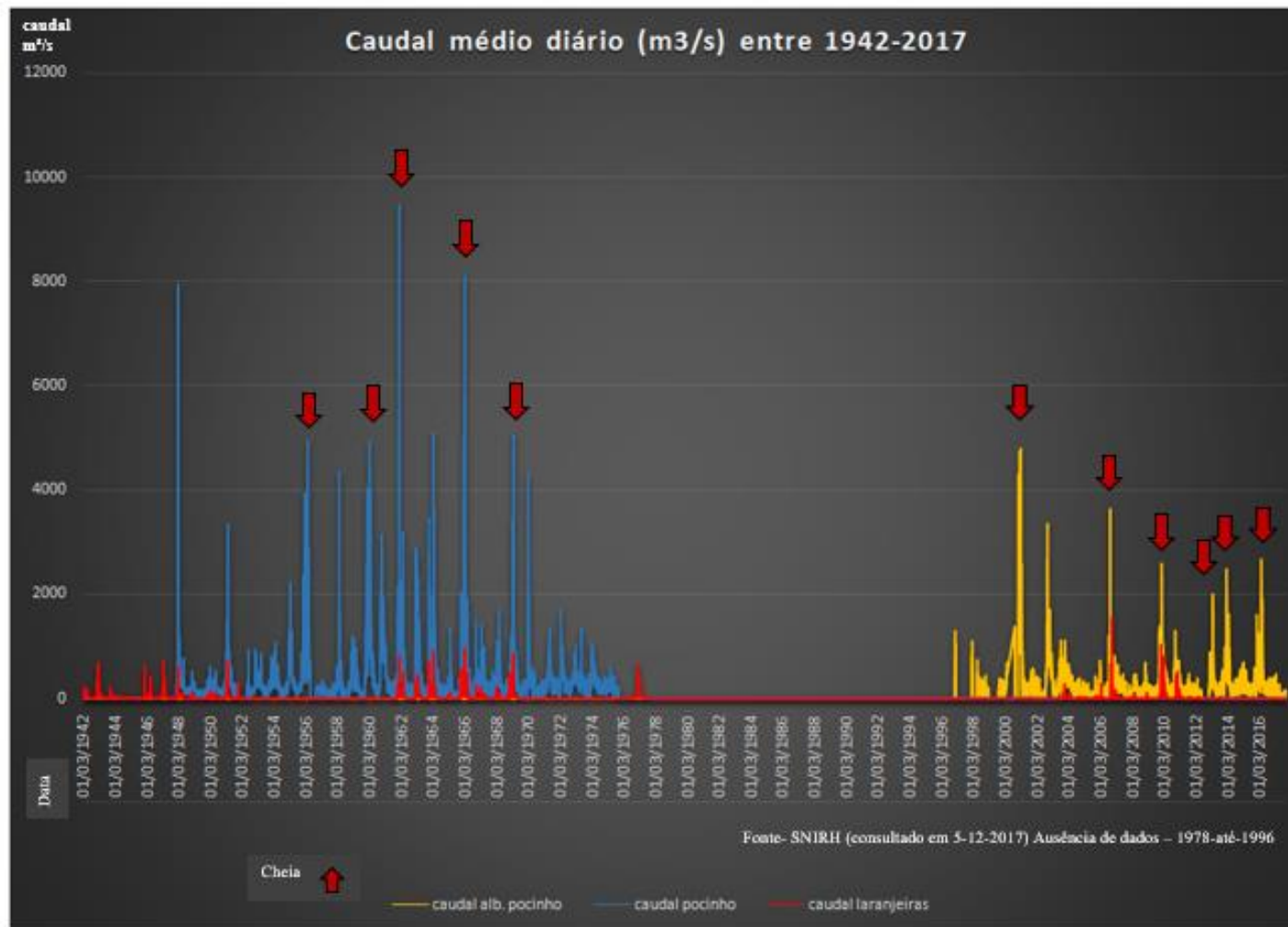


Figura 12 - Inventário de ocorrências de cheias, no Vale da Vilaria, com base nos valores hidrométricos das Estações do Pocinho, Albufeira do Pocinho e Quinta das Laranjeiras, entre 1942 - 2017.

Assim, fizeram parte da pesquisa, os anos em que ocorreram cheias registadas no inventário inicial e nos anos em que não foram encontrados registos de cheias, mas o caudal foi elevado, nomeadamente na estação hidrométrica da Quinta das Laranjeiras (Rio Sabor) igual ou superior a 800 m³/s e nas estações do Pocinho e Albufeira do Pocinho (Rio Douro) foram analisados os anos em que o caudal foi igual ou superior a 2000 m³/s (Quadro 4).

Por questões de tempo e tendo em conta a elevada série de edições em análise, a pesquisa ainda se filtrou por palavras-chave, nomeadamente “Cheias”, “Inundações”, “Vale da Vilariça”, “foz do Sabor” e “rebofa”.

Quadro 4 - Anos pesquisados no Semanário Regional “Mensageiro de Bragança”, para completar o inventário de ocorrências tendo em conta os dados de caudal das 3 estações hidrométricas em análise, Quinta das Laranjeiras, Pocinho e Albufeira do Pocinho.

Quinta das Laranjeiras (Rio Sabor)	Pocinho (Rio Douro)	Albufeira do Pocinho (Rio Douro)
1962-1964-1966-1969 1977-1978-1989-1996 2001-2006-2010	1947-1950-1955-1957 1960-1961-1962-1963 1965-1968-1969	2001-2003-2006 2010-2013-2014 2016

Tendo em conta o método de pesquisa efetuado, foram encontrados registos para 5 anos em que ocorreram cheias: 1955 (mas apenas com referência a Vila Real e Bragança), 1961/1962, 1966, 1969 e 2016 (Figura 13).

Em 1961/92, a notícia ocupou apenas uma pequena parte do jornal, transmitindo apenas que a situação estava controlada e que a cheia iria “ficar na história como uma das mais catastróficas. Em 1966 e 1969, exatamente na semana em que ocorreram cheias naqueles anos no Vale da Vilariça, a capa principal do jornal dessa semana era sobre o Vale da Vilariça, no entanto, as graves consequências que as cheias provocaram para a população e para as culturas agrícolas da região eram “abafadas”, sendo a inundação encarada como uma “sugestão de irrigação” para o Vale da Vilariça, tratando a “rebofa” como algo inovador e positivo em vez de ser algo negativo quando acontecem.

Em 2016, a situação é completamente diferente, sendo a cheia referida no jornal, bem como todas as consequências negativas vindas da mesma, nomeadamente os “campos agrícolas alagados e culturas destruídas”.

Cheias e Inundações no Vale da Vilariga (Torre de Moncorvo): áreas inundáveis, danos causados em áreas agrícolas e gestão do risco.



Figura 13 - Notícias sobre as cheias ocorridas no Vale da Vilariga, pesquisadas no Semanário Regional “Mensagem de Bragança”: 17 de janeiro de 1955 (cima) e abril de 2016 (baixo).

No período anterior ao 25 de Abril de 1974, existia a dita censura, que “*era uma máquina poderosa, terrível, na sua eficácia de compreensão, de condicionamento, de deturpação e silenciamento da informação e do pensamento livre. Manipulando mentalidades, era uma máquina que acabou por ofuscar, sobrepor e até ocultar a realidade, a ponto de impor a todos uma imagem oficial do país e dos portugueses bem diferentes da verdadeira.*”, (Rolim, 2016, p.3).

Cremos que esta ideia de deturpação das realidades existentes no país em função da boa imagem do regime vigente na altura, também se aplicava aos desastres naturais ocorridos no país, incluindo as cheias e inundações que causassem graves danos da sociedade, pois “*Tudo o que fosse novo, e não tivesse por base a tradição ou a essência do regime era cortado pelo Lápis Azul. Salazar sabia que os factos só se tornavam realidade quando conhecidos pela população, então ele encarregava-se de dar a conhecer a informação à população. A Censura era assim, o “mal necessário”,* (Rolim, 2016, p.4).

De qualquer das formas e embora não tenham sido encontrados registos de ocorrências as cheias de 1948 e 1955, tendo em conta os dados de caudal, poderão ter sido cheias que ocorreram com alguma severidade no Vale da Vilarça.

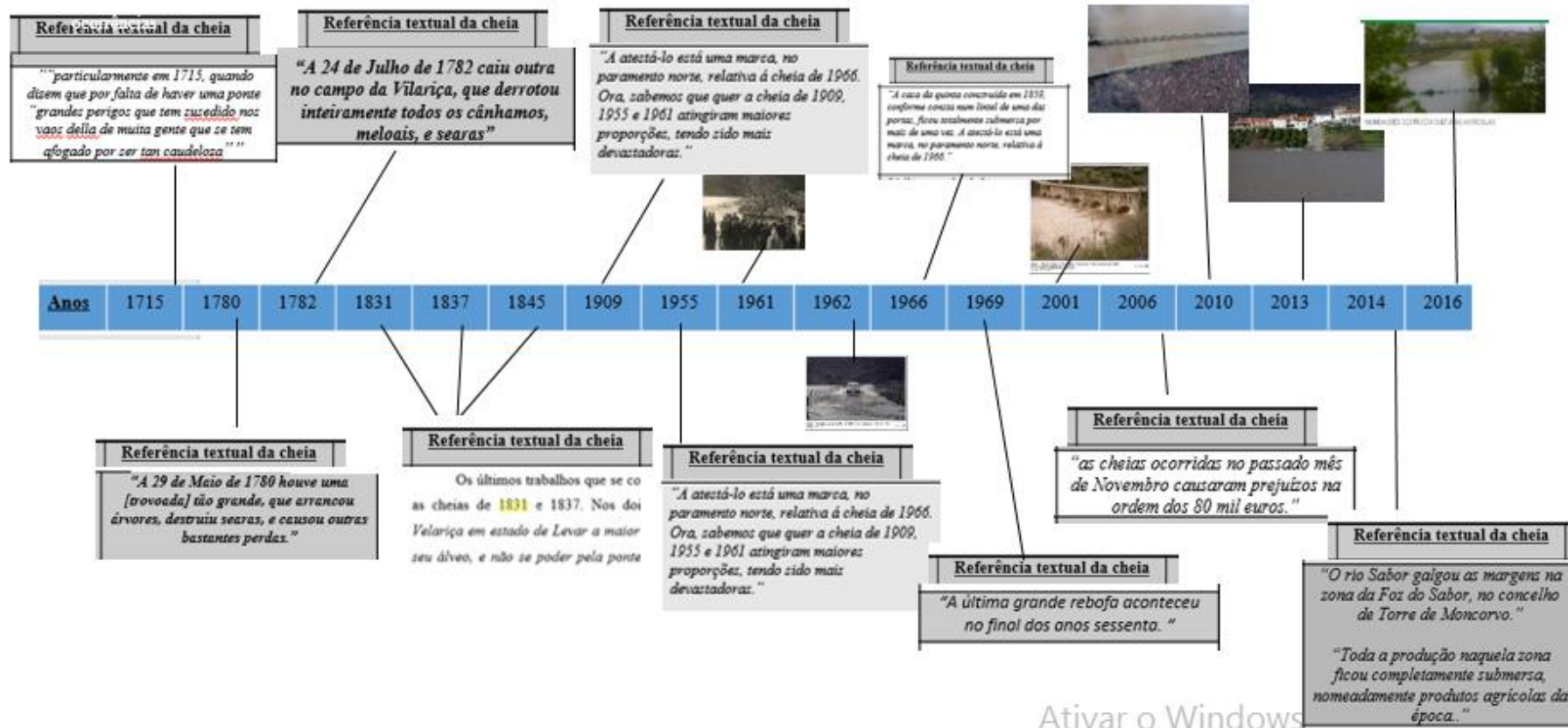


Figura 14 - Timeline das ocorrências de cheias no Vale da Vilarça e respetivas fontes de pesquisa, desde 1715 a 2016.

2.4. PRECIPITAÇÃO DIÁRIA E A OCORRÊNCIA DE CHEIAS NO VALE DA VILARIÇA

A precipitação não é de facto o principal fator para a ocorrência de cheias no Vale da Vilariça, daí a decisão de se realizar um inventário de acontecimentos de cheias no subcapítulo anterior com base nos dados de caudal das diferentes estações hidrométricas em análise (Pocinho, Albufeira do Pocinho e Quinta das Laranjeiras).

Segundo (Leonardo, 2013, p.21), *“Relativamente á precipitação, os valores anuais variam entre os 400-800 mm; com oscilações mensais entre os 10 mm ou menos, nos meses de julho-agosto, e os valores máximos 50 mm em dezembro-janeiro, (dados do posto de Moncorvo).”*, refletindo a escassez em termos de precipitação na área e fazendo também referência à existência de um microclima na região *“O clima da região é caracterizado genericamente por grandes amplitudes térmicas e pela escassez de chuvas.”*, ideia também já anteriormente comprovada por (Ribeiro, 1945)¹⁴.

A referência a outros fenómenos meteorológicos que podem causar danos tanto para as populações em geral como para a agricultura, são as trovoadas que acontecem entre maio e agosto, pois, segundo (Leonardo, 2013, p.21) *“há a registar outros fenómenos meteorológicos como as trovoadas, muito frequentes a partir de Maio e até Agosto, algumas de extrema violência; os longos períodos de nevoeiro nos primeiros meses do ano, bem como as rigorosas geadas entre Dezembro e Fevereiro; e os períodos de seca por vezes prolongada. Estes fenómenos interferem diretamente na agricultura...”*.

Estas trovoadas tão características da região do Vale da Vilariça acontecem essencialmente devido a dois fatores, nomeadamente uma ausência temporal muito prolongada de precipitação e temperaturas elevadas durante vários dias, ou seja, a superfície terrestre ao estar constantemente em “aquecimento” vai originar a formação de uma depressão barométrica de origem térmica (baixas pressões), que normalmente estão associados a períodos de chuva curtos no tempo, no entanto muito intensos e concentrados no espaço.

Assim, foi realizada uma pesquisa, para se concluir se existiu alguma cheia que ocorreu no mês mais chuvoso desse ano bem como nos dias que antecederam as cheias,

¹⁴ Orlando Ribeiro in “Portugal, o mediterrâneo e o atlântico”.

que corresponda exatamente ao caudal elevado verificado nos dias das cheias bem como os valores de precipitação (diária e mensal), de forma a concluir se existem diferentes tipologias ou cenários de ocorrerem inundações no Vale da Vilariça.

A cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962

Analisando o hidrograma referente à cheia de 1961/62 que ocorreu no Vale da Vilariça, é possível concluir que a ponta de cheia foi no dia 3 de janeiro de 1962 (Figura 15) em que o caudal na estação hidrométrica do Pocinho chegou a atingir os 10 000 m³/s, sendo que já se verificava uma precipitação constante acima dos 30 mm desde dia 30 de dezembro de 1961 na estação meteorológica de Folgares, em relação ao caudal verificado na quinta das laranjeiras aumentou ligeiramente nos dias 30 de dezembro de 1961 e 3 de janeiro de 1962, mantendo-se sempre abaixo dos 2000 m³/s.

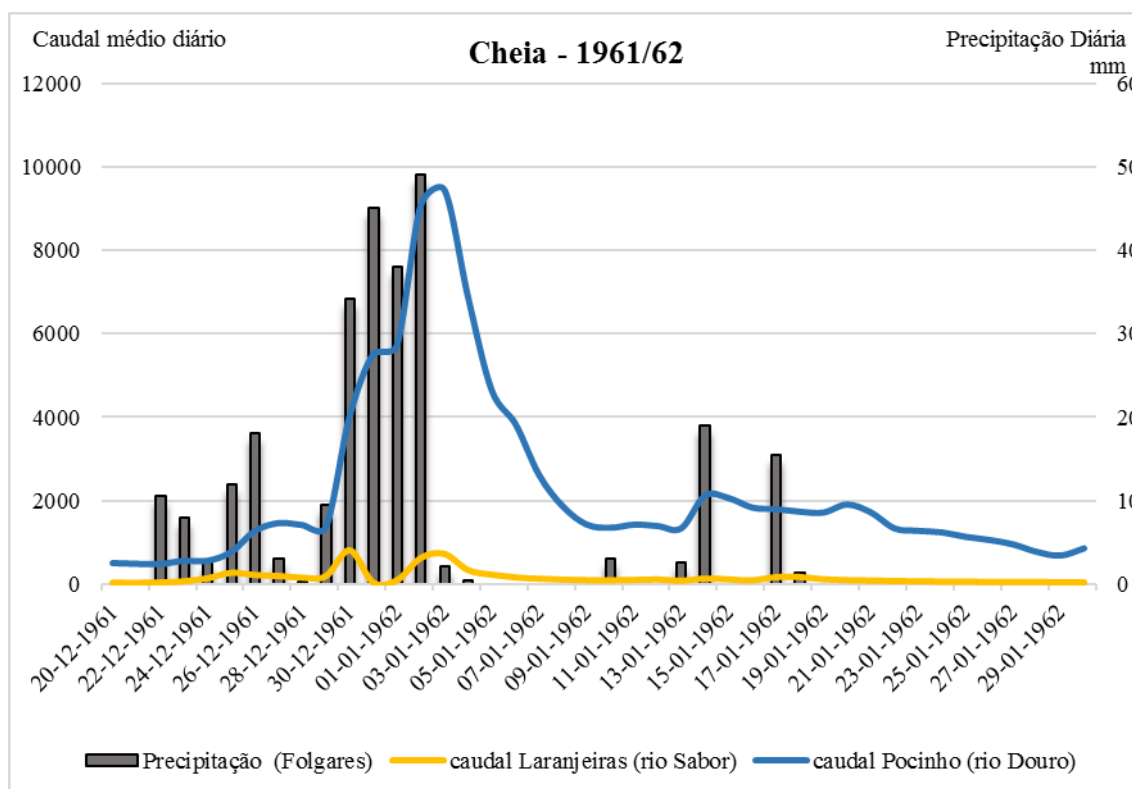


Figura 15 – Hidrograma da cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962, estação meteorológica de Folgares.

Em relação à mesma cheia, mas tendo em conta os valores de precipitação na estação meteorológica de Travelo (Figura 16), os valores já são distintos, verificando-se no dia anterior (2 de janeiro de 1962) à ponta de cheia uma precipitação de quase 60mm.

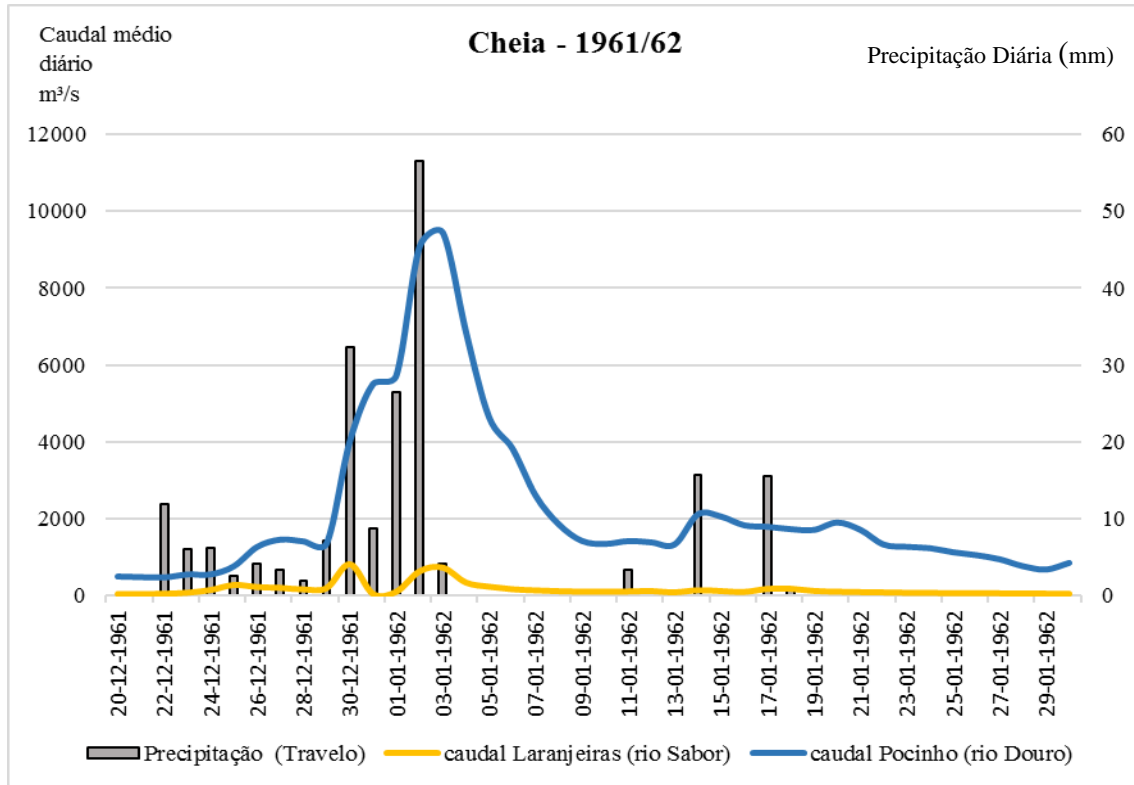


Figura 16 - Hidrograma da cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962, estação meteorológica de Travelo.

Em relação à precipitação mensal para as 3 estações meteorológicas (Figura 17) em que existiam dados para a cheia de 1961/62, verifica-se que os meses com a precipitação mais elevada, coincidem exatamente com os meses/dias em que a cheia de 1961/62 ocorreu, nomeadamente nos meses de dezembro de 1961 e janeiro de 1962.

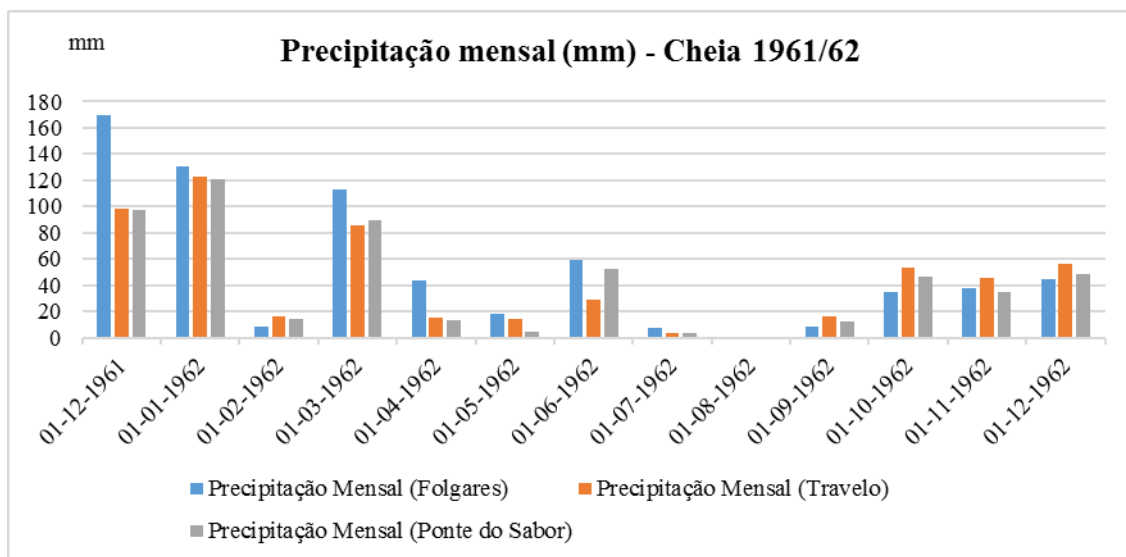


Figura 17 – Precipitação mensal ocorrida na a cheia de dezembro de 1961 e janeiro de 1962, estações meteorológicas de Folgares, Travelo e Ponte do Sabor.

As cheias de janeiro e fevereiro de 1966

Tendo em conta o hidrograma das cheias de janeiro e fevereiro de 1966 (Figura 18), verifica-se que existiram duas pontas de cheia, a primeira que durou desde dia 20 de janeiro de 1966 até dia 29 de janeiro de 1966 com o caudal máximo atingido no dia 22 de janeiro de 1966 de 5000 m³/s, a segunda que durou desde 12 de fevereiro de 1966 até 26 de fevereiro de 1966 com o máximo caudal no dia 22 de fevereiro de 1966 de 8000 m³/s. Em relação aos valores de precipitação na estação hidrométrica de folgares, na cheia do mês de janeiro os valores eram baixos, atingindo os 20mm um dia antes do “pico” de cheia enquanto na cheia do mês de fevereiro, a precipitação foi aumentando gradualmente até à ponda de cheia, registando-se no dia 19 de fevereiro de 1966 precipitação de 35 mm apenas nesse dia.

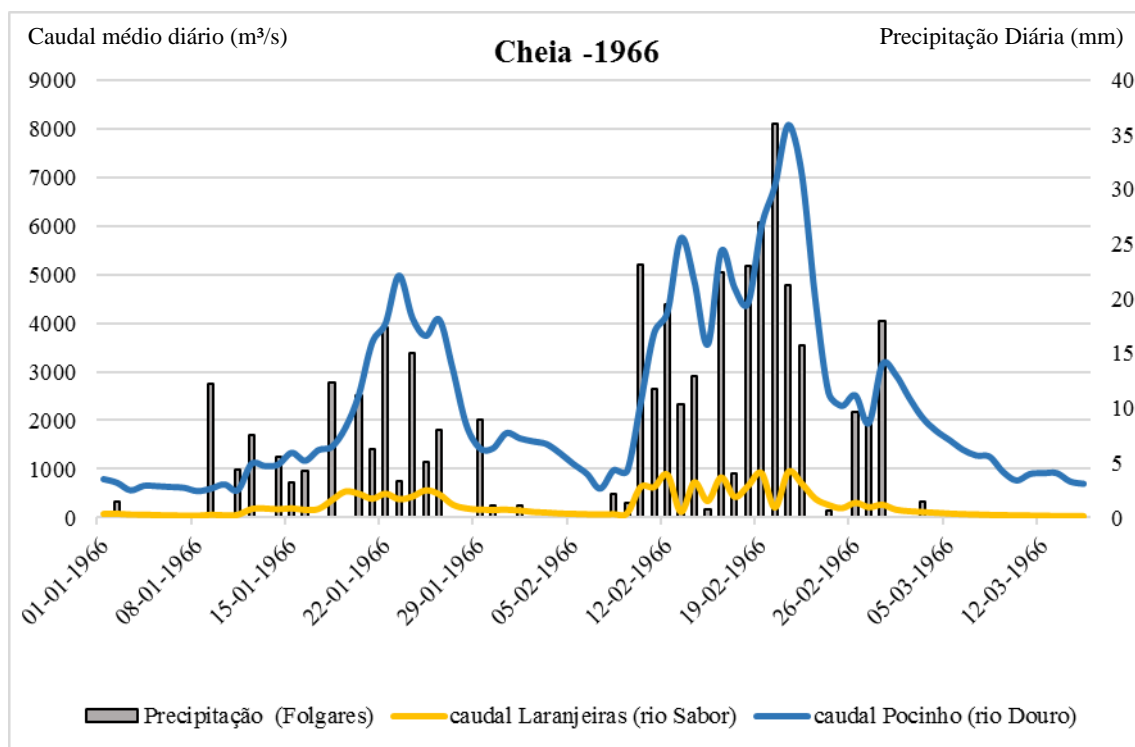


Figura 18 – Hidrograma da cheia de janeiro e fevereiro de 1966, estação meteorológica de Folgares.

Em relação à mesma cheia, mas tendo em conta os valores de precipitação na estação meteorológica de Travelo (Figura 19), os valores são bastante diferentes em que se verificam elevados valores de precipitação antes do pico de cheia, nomeadamente no evento de cheia de janeiro no dia 18, a precipitação diária foi de 25mm e no evento de cheia de fevereiro, no dia 10 a precipitação diária foi de 22mm. Em relação ao caudal verificado na estação hidrométrica da Quinta das Laranjeiras este manteve-se sempre abaixo dos 1000 m³/s.

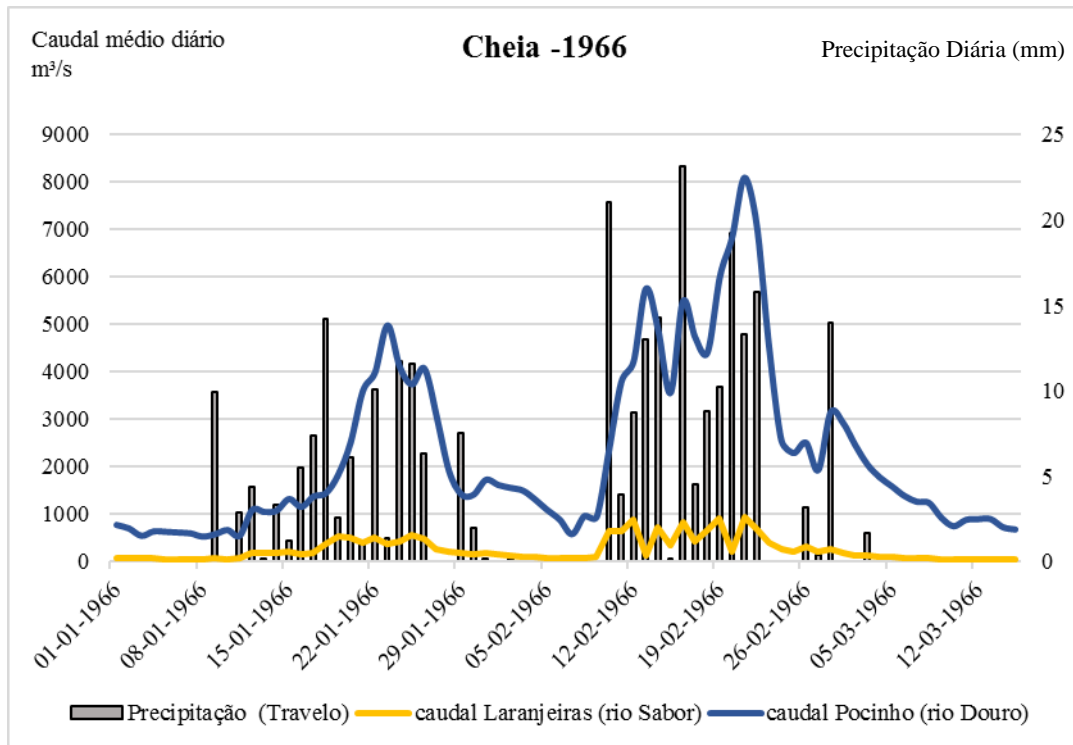


Figura 19 – Hidrograma da cheia de janeiro e fevereiro de 1966, estação meteorológica de Travelo.

Em relação à precipitação mensal para as 3 estações meteorológicas (Figura 20), verifica-se que poderá existir uma correlação direta entre os caudais registados e os valores da precipitação mensal, ou seja, no mês de janeiro de 1966 os valores de precipitação mensal não ultrapassaram os 150 mm nas 3 estações em análise.

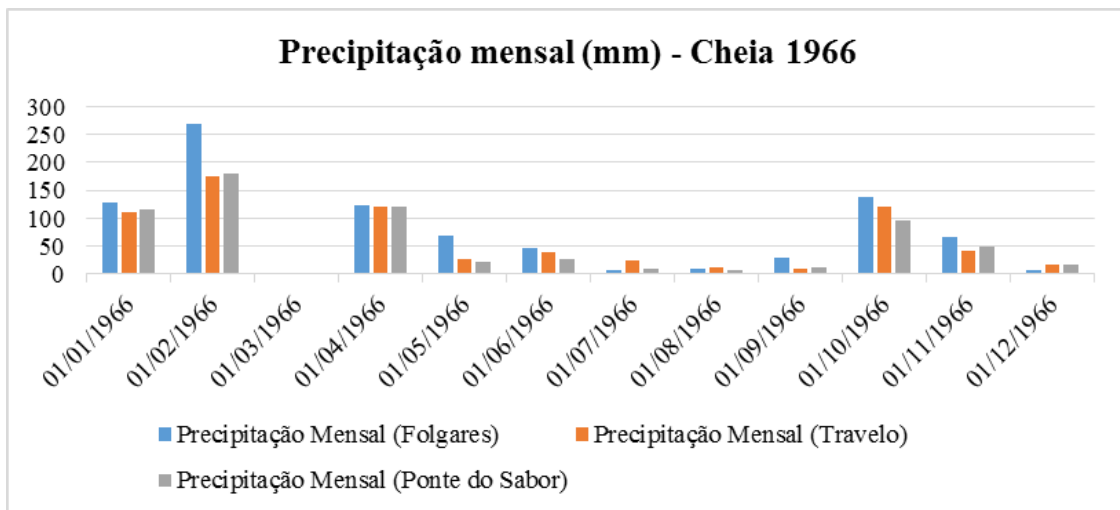


Figura 20 – Precipitação mensal ocorrida na cheia de janeiro de 1966 e fevereiro de 1966, estações meteorológicas de Folgares, Travelo e Ponte do Sabor.

Por isso, a ponta de cheia não foi superior a 5000 m³/s enquanto no mês de fevereiro os valores de precipitação mensal ultrapassaram os 150mm e inclusivamente na

estação meteorológica de Folgares ultrapassou os 250 mm e assim o caudal registado na ponta de cheia foi de 8000 m³/s.

A cheia de março de 1969

Tendo por base o hidrograma referente à cheia de março de 1969, verifica-se que a ponta de cheia foi no dia 17 de março de 1969 (Figura 21), em que o caudal na estação hidrométrica do Pocinho chegou a atingir os 5000 m³/s, que coincidiu exatamente com um valor de precipitação diária elevado (tendo em conta a região) de 35 mm, quer no dia 17 quer no dia 15 (antes da ponta de cheia) na estação de meteorológica de Folgares. Em relação ao caudal verificado na Quinta das Laranjeiras aumentou ligeiramente durante o “pico” de cheia, mas não ultrapassou os 1000 m³/s.

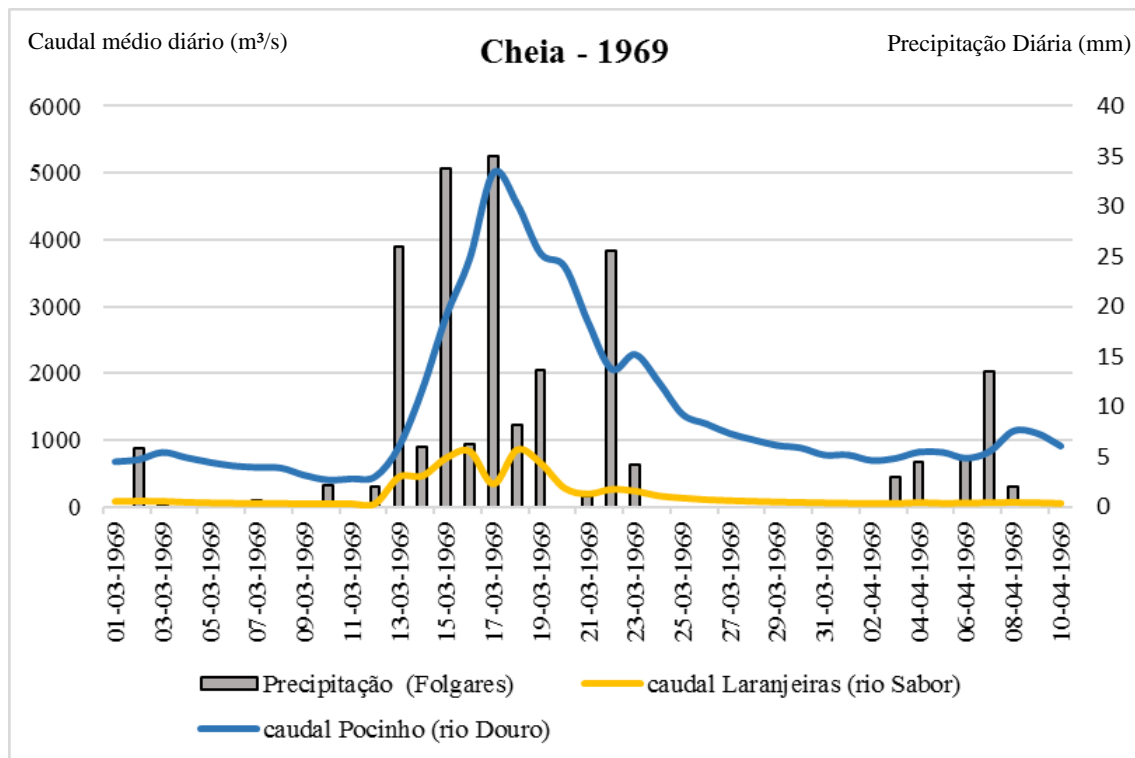


Figura 21 - Hidrograma da cheia de março de 1969, estação meteorológica de Folgares.

Em relação à mesma cheia, mas tendo em conta os valores de precipitação na estação meteorológica de Travelo (Figura 22), conclui-se que existiu uma precipitação intensa anterior à ponta de cheia e não durante o mesmo, nomeadamente nos dias 13 e 15 de março de 1969 com valores de precipitação diária entre os 20 e os 25 mm.

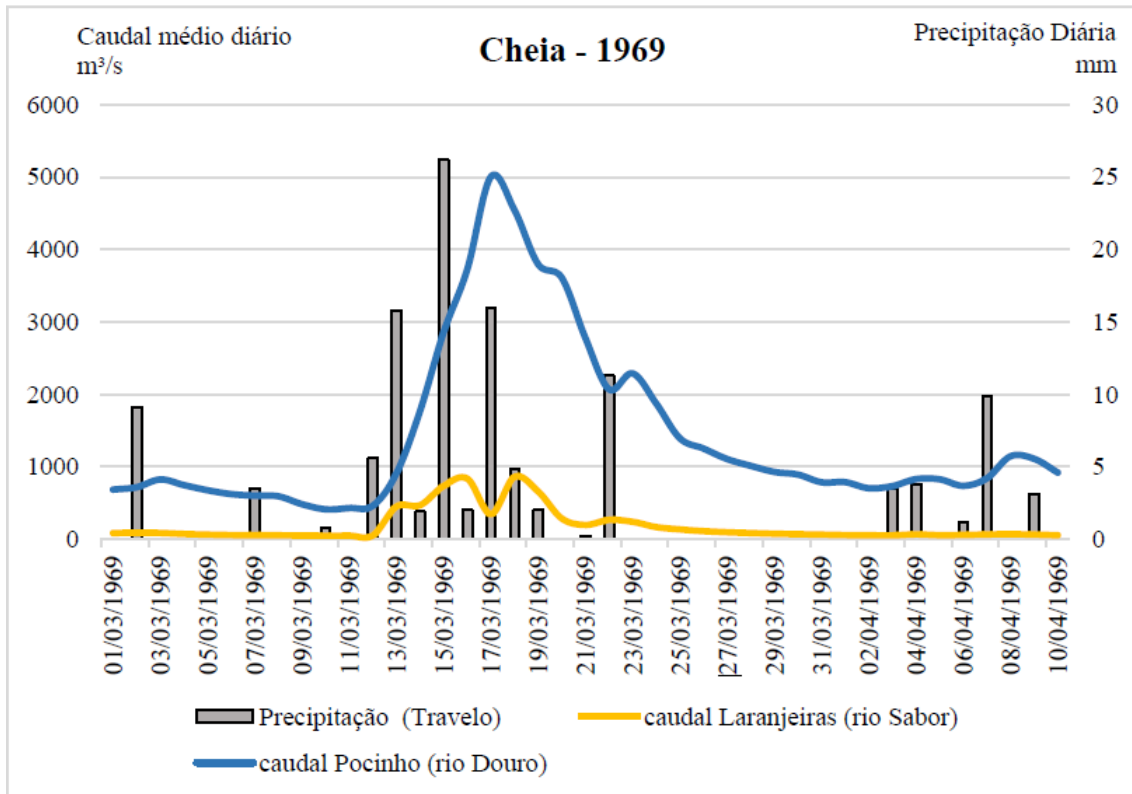


Figura 22 -Hidrograma da cheia de março de 1969, estação meteorológica de Travelo

Em relação à precipitação mensal para as 3 estações meteorológicas (Figura 23), verifica-se que foi efectivamente o mês de março que regista a maior precipitação mensal, nomeadamente com a estação meteorológica de Folgares com um valor de 170 mm apenas no mês de março. Um fator que poderá também ter contribuído muito para a ocorrência desta cheia é a precipitação que já vinha acumulando dos meses anteriores, nomeadamente janeiro e fevereiro, com precipitações mensais que variam entre os 80 e 120 mm nas estações meteorológicas em análise (Folgares, Ponte do Sabor e Travelo).

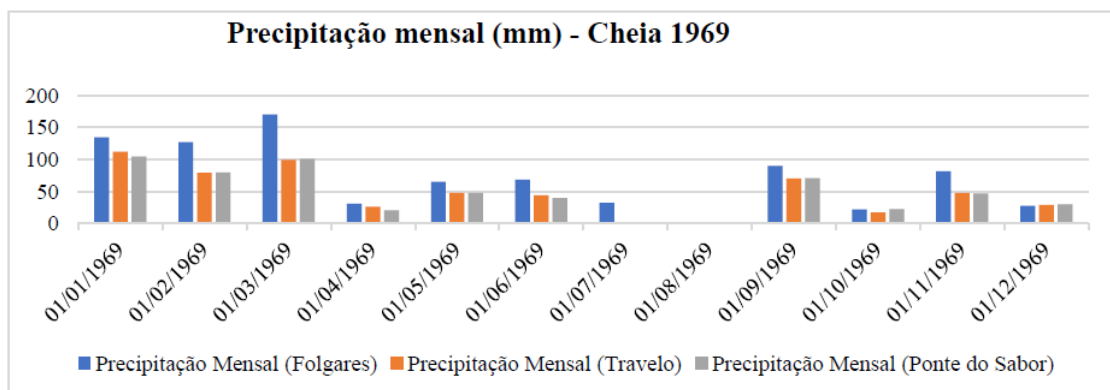


Figura 23 - Precipitação mensal ocorrida na cheia de março de 1969, estações meteorológicas de Folgares, Travelo e Ponte do Sabor.

As cheias de janeiro/fevereiro e março de 2001

Tendo em conta o hidrograma das cheias de janeiro/fevereiro e março de 2001 (Figura 24), é possível entender que é uma cheia complexa, ou seja, existiram pelo menos três pontas de cheia, a primeira desde o dia 1 a 7 de janeiro com o caudal máximo a ser registado no dia 6 de janeiro, com um valor um pouco superior a 4000 m³/s; a segunda ponta de cheia acontece entre os dias 28 de janeiro e 4 de fevereiro de 2001, com o caudal máximo a atingir quase os 5000 m³/s e a terceira que tem início no dia 25 de fevereiro a 4 de março de 2001 com o caudal máximo perto dos 5000 m³/s. Em termos de valores de precipitação na estação meteorológica da junqueira, conclui-se que a precipitação foi aumentando à medida que aumentavam as pontas de cheia, oscilando geralmente entre os 20 e 35 mm por dia.

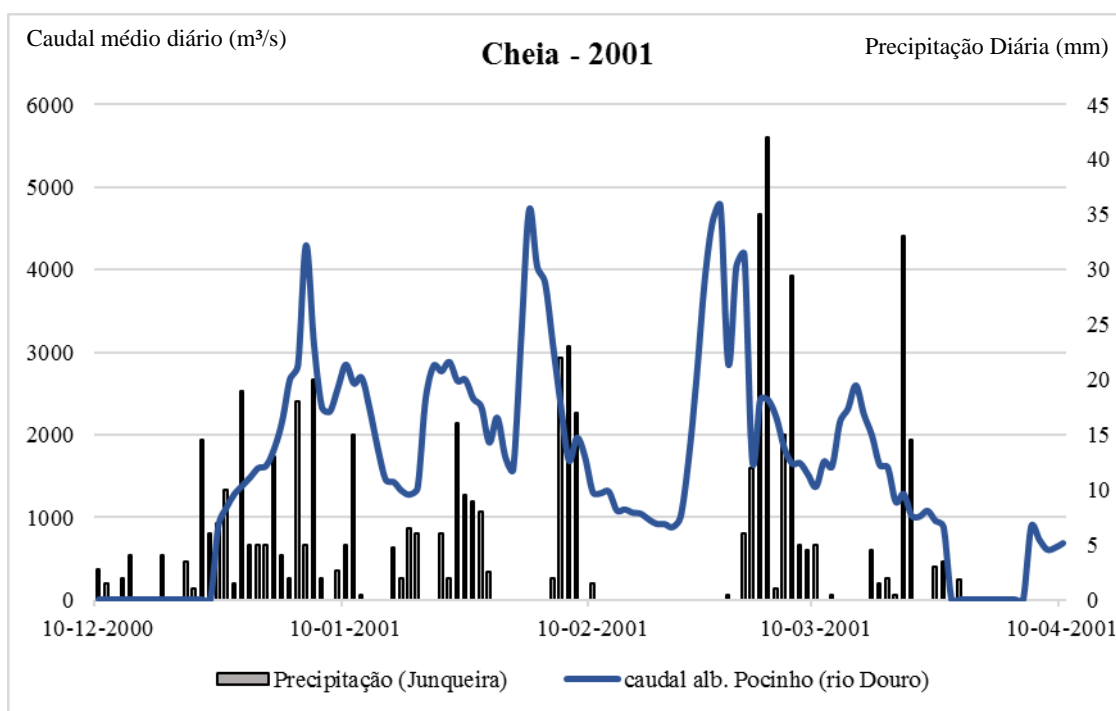


Figura 24 - Hidrograma da cheia de janeiro/fevereiro e março de 2001, estação meteorológica da Junqueira.

Em relação à mesma cheia, mas tendo em conta os valores de precipitação na estação meteorológica da Adeganha (Figura 25) verifica-se uma particularidade em relação aos valores de precipitação registados na estação meteorológica da junqueira, essencialmente porque os dois valores máximos diários de precipitação ocorreram apenas após a terceira ponta de cheia, nomeadamente nos dias 4 e 25 de março de 2001, não

existindo desta forma uma relação direta entre a existência em simultâneo de caudal elevado e precipitação diária elevada para a ocorrência de cheias no Vale da Vilarça.

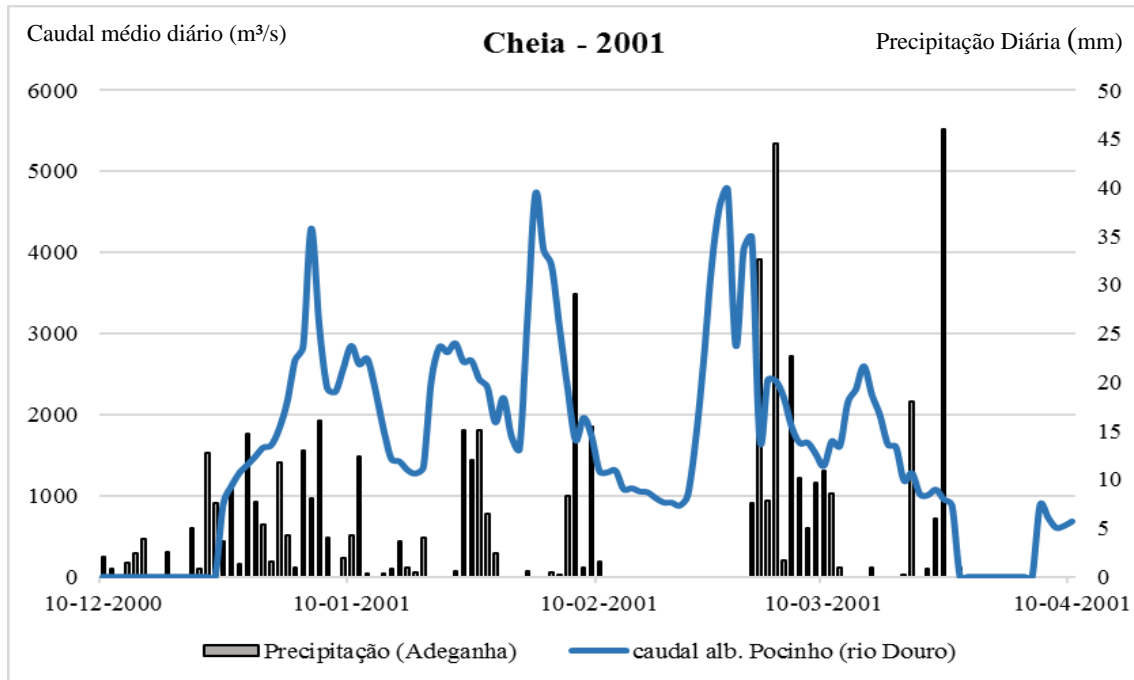


Figura 25 - Hidrograma da cheia de janeiro/fevereiro e março de 2001, estação meteorológica da Adeganha.

Em relação à precipitação mensal ocorrida no ano de 2001 (Figura 26), conclui-se que os meses em que as cheias ocorreram foram exatamente nos que existiram maiores valores de precipitação mensal, especialmente o mês de março em que todas as estações meteorológicas em análise (Folgares, Junqueira e Adeganha) registaram precipitações mensais superiores a 200mm.

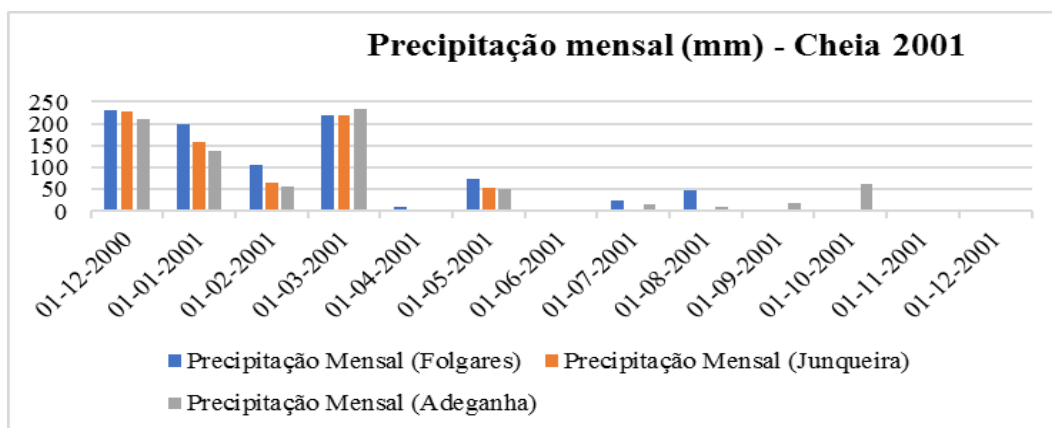


Figura 26 - Precipitação mensal ocorrida na cheia de janeiro, fevereiro e março de 2001, estações meteorológicas de Folgares, Junqueira e Adeganha.

A cheia de fevereiro e março de 2010

Analisando o hidrograma das cheias de fevereiro e março de 2010 (Figura 27), conclui-se que existiu uma ponta de cheia que durou desde o dia 25 de fevereiro até ao dia 7 de março de 2010 em que o caudal máximo atingido foi no dia 1 de março de 2010, com o caudal a ultrapassar ligeiramente os 2500 m³/s. A precipitação diária varia entre os 15 e os 25 mm tendo por base a estação meteorológica de Folgares e o caudal na estação hidrométrica da Quinta das Laranjeiras, aumenta ligeiramente entre os dias 23 e 27 de fevereiro, mas com os níveis de caudal sempre abaixo dos 1000 m³/s.

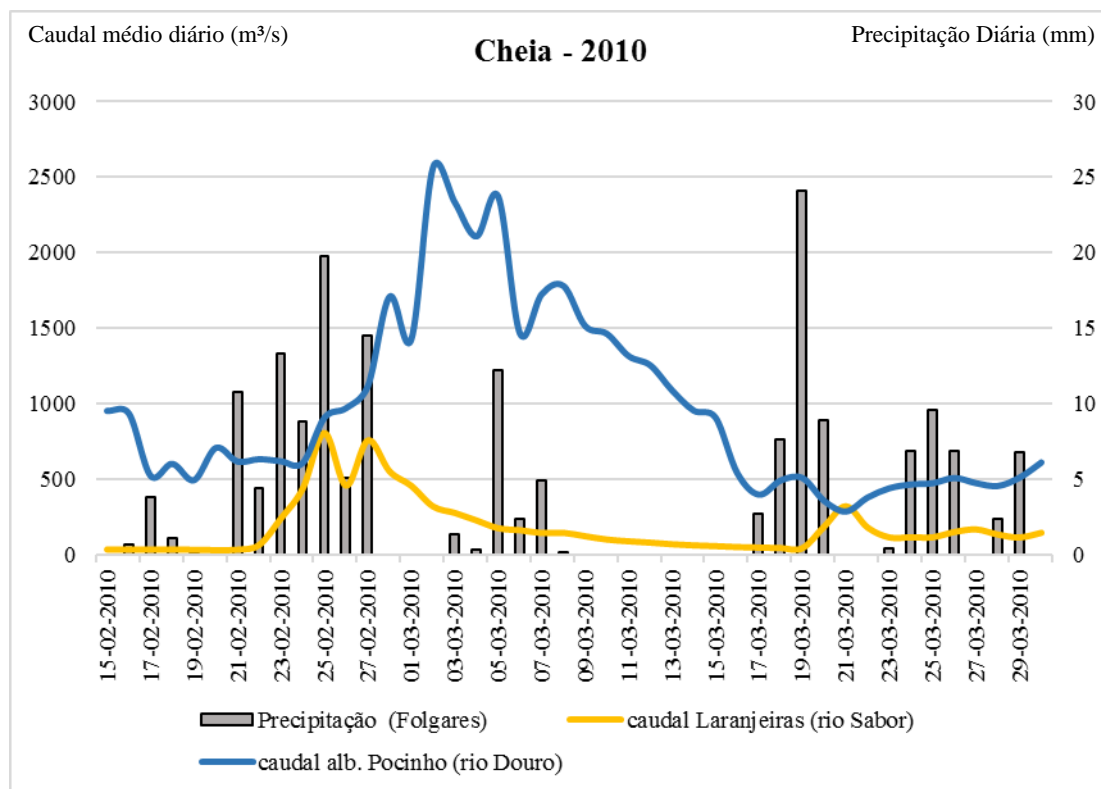


Figura 27 - Hidrograma da cheia de fevereiro e março de 2010, estação meteorológica de Folgares.

Em relação à mesma cheia, mas tendo em conta os valores de precipitação na estação meteorológica da Junqueira (Figura 28) verifica-se que a precipitação diária acontece toda antes da ponta de cheia, nomeadamente entre os dias 21 de fevereiro e 1 de janeiro de 2010, oscilando entre os 6 e os 16 mm por dia.

Dada a ausência de dados meteorológicos e hidrológicos, o gráfico da precipitação mensal para o ano de 2010 não foram representados, nem realizado o hidrograma para a cheia de 2014.

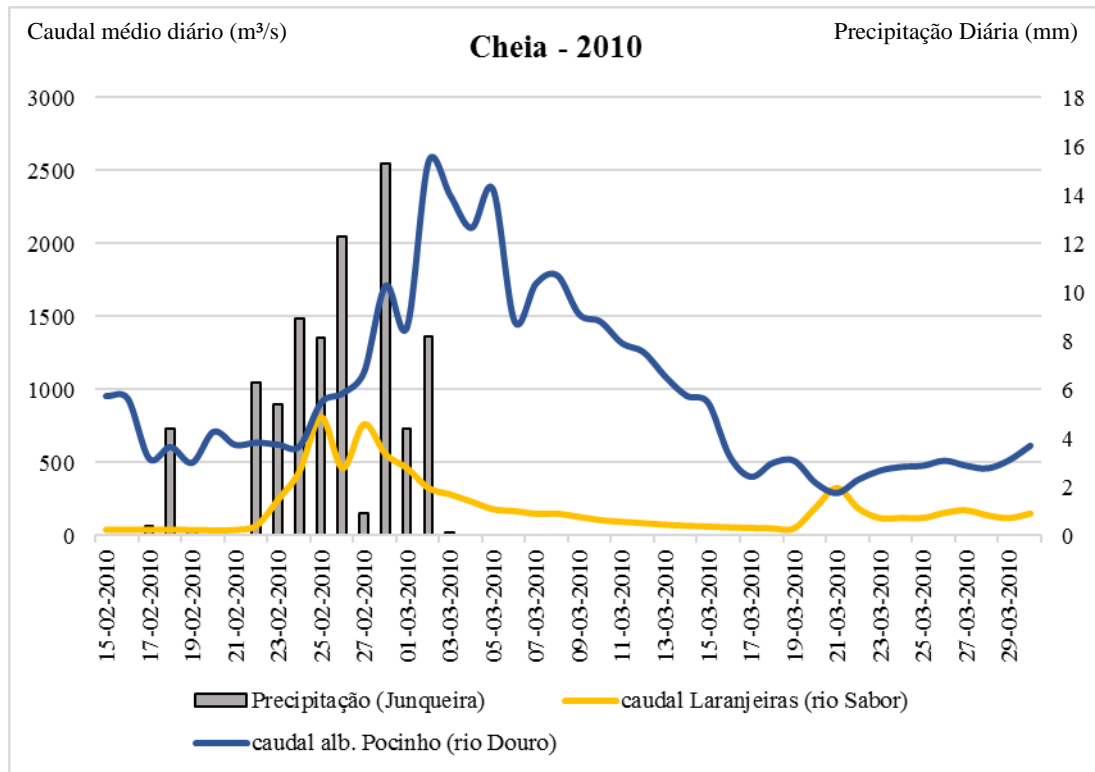


Figura 28 - Hidrograma da cheia de fevereiro e março de 2010, estação meteorológica da Junqueira.

A cheia de abril de 2016

Tendo por análise o hidrograma das cheias de fevereiro e março de 2010 (Figura 29), verifica-se que existiu uma ponta de cheia que durou desde dia 17 a dia 25 de Abril, sendo que o caudal máximo atingido foi no dia 20 de Abril com o caudal a ser ligeiramente superior a 2500 m³/s. Em termos de precipitação diária existe uma particularidade, visto que nos dias anteriores à ponta de cheia, nomeadamente nos dias 15 e 17 de abril de 2016, registaram-se precipitações intensas nas duas estações meteorológicas mais próximas do Vale da Vilariça (Adeganha e Junqueira), a registarem valores de precipitação diária superiores a 25 mm.

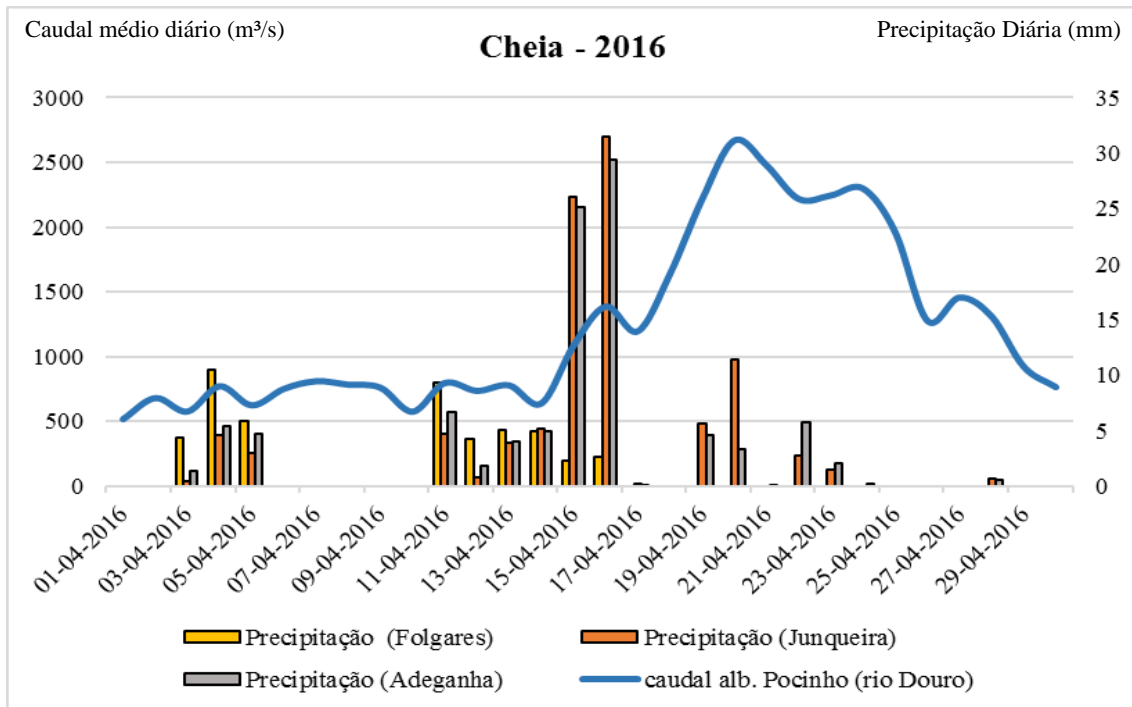


Figura 29 - Hidrograma da cheia de abril de 2016, estação meteorológica da Junqueira, Adeganha e Folgares.

Em relação à precipitação mensal ocorrida no ano de 2015 (Figura 30), conclui-se que é efetivamente no mês de abril que se registam os maiores valores de precipitação mensal, nomeadamente nas estações meteorológicas da Adeganha e Junqueira, com valores de 100 mm mensais de precipitação.

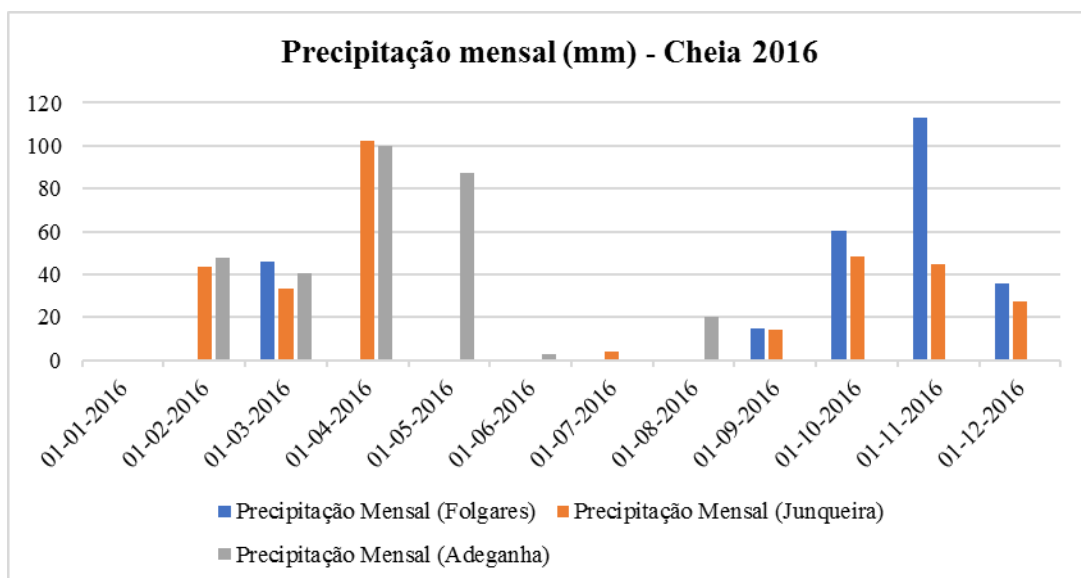


Figura 30 – Precipitação mensal ocorrida na cheia de abril de 2016, estações meteorológicas de Folgares, Junqueira e Adeganha.

Assim, é possível concluir que existem de facto várias tipologias ou cenários de ocorrerem inundações no Vale da Vilariça, podendo ser consideradas como cheias progressivas, pois todas duraram vários dias e nenhuma das cheias analisadas teve duração igual ou inferior a 6 horas, para ser considerada cheia repentina (Sene, 2013).

As cheias antes da construção das 3 barragens (Valeira, Pocinho e Baixo Sabor) duravam mais tempo, depois da construção das albufeiras, as cheias são mais frequentes, no entanto, duram menos tempo.

Existe uma tendência para as cheias se concentrarem mais nos meses de janeiro/fevereiro e março (exceto a cheia de abril de 2016). Embora as ocorrências de cheias no vale da Vilariça continuem a existir com a construção das barragens a duração das cheias é menor, embora se verifique um aumento substancial de eventos, o único parâmetro que mudou efetivamente com a construção das barragens foram os valores referentes ao caudal dos eventos mais recentes, sendo que nenhum dos eventos a partir dos anos 2000 registou valores tão drásticos como os verificados nas cheias de 1909 e 1962.

Desta forma, é possível concluir que existe uma grande diversidade de situações para a ocorrência de cheias progressivas no Vale da Vilariça, como por exemplo:

- Fenómenos de “rebofa” gerados pelo Douro, quando o caudal deste aumenta substancialmente e o caudal do rio Sabor se mantém nos níveis normais;
- Cheias que ocorrem quando o caudal do rio Sabor é elevado e em simultâneo o do rio Douro também afetando o conhecido “Baixo Vale da Vilariça”,¹⁵
- Cheias da Ribeira da Vilariça de carácter repentino que afetam apenas o “Alto Vale da Vilariça”, e como são mais rápidas originam maiores prejuízos e maiores danos nas culturas agrícolas;

As duas áreas “Alto” e “Baixo” Vale da Vilariça podem ser afetadas pois a rebofa acontece em dois setores, na foz do Sabor devido ao rio Douro e na foz da Ribeira da Vilariça devido à influência do rio Sabor.

¹⁵ Área do vale mais afetada pelas cheias; área da maior aluvião (Leonardo, 2013)

CAPÍTULO 3 - DELIMITAÇÃO DO PERÍMETRO DE INUNDAÇÃO

3.1. “BAIXO” VALE DA VILARIÇA - AS CHEIAS DE 2010 E 2016

Segundo (Mathieu et al., 2007; Díez Herrero et al., 2008) citado por Santos (2017, p.1) existem 3 grandes grupos de metodologias para o apoio e avaliação da suscetibilidade e perigosidade a inundações: o método de reconstituição geológica e geomorfológica, aplicado por Santos (2009), o método histórico aplicado por Campos (2015) que tem por base a definição de área inundada com base em marcas de cheia, fotos, notícias de jornais locais/regionais bem como inquéritos às populações e o método hidrológico e hidráulico aplicado por Santos (2009), por Marafuz (2011) e por Gonçalves (2012).

O modelo adotado para a definição do perímetro de inundação na área do Vale da Vilarica foi o histórico devido à existência de informação referente às cheias de 2010 e 2016 (27 de fevereiro de 2010 e 17 de abril de 2016) nomeadamente fotos e testemunhos orais recentes. Estas cheias são muito semelhantes em termos de caudal atingido (2500 m³/s) e danos causados, como por exemplo a existência de prejuízos nas culturas agrícolas, sistemas de rega e estufas e o corte de estradas.

Assim, convém esclarecer que cada foto correspondente a cada ponto de cheia georreferenciada pode não corresponder ao nível máximo de cota atingido no evento uma vez que o dia em que a foto foi tirada pode não corresponder ao nível de caudal máximo, como é o caso da cheia de 2010 (Figura 31).

Desta forma, cada foto correspondente a um ponto de cheia foi georreferenciada no Google Earth (Figura 32) para se proceder a uma reconstituição pormenorizada dos episódios de cheia ocorridos em 2010 e 2016. Ao se analisar a cartografia 1/10 000 referente aos pontos cotados e curvas de nível da área do Vale da Vilarica (anexo 4), conclui-se que cada ponto georreferenciado se encontra a uma cota que varia entre os 112 e os 113 metros.



Figura 31 - Hidrograma correspondente à cheia de 2010 e respetivas fotos referentes ao aumento de caudal de dia 25 de fevereiro para dia 3 de março de 2010.

Procedeu-se de seguida a análise do Nível Pleno de Armazenamento das diferentes Barragens (figura 33) que exercem influencia no caudal dos dois rios que afetam a área em estudo, nomeadamente dos rios Douro e Sabor.

Assim, concluiu-se que o Nível Pleno de Armazenamento se estabelece nos 105 metros (Albufeira da Valeira), tendo subido deste modo a coluna de água entre 7 e 8 metros tendo em conta os seus níveis normais, nas cheias de 2010 e 2016.

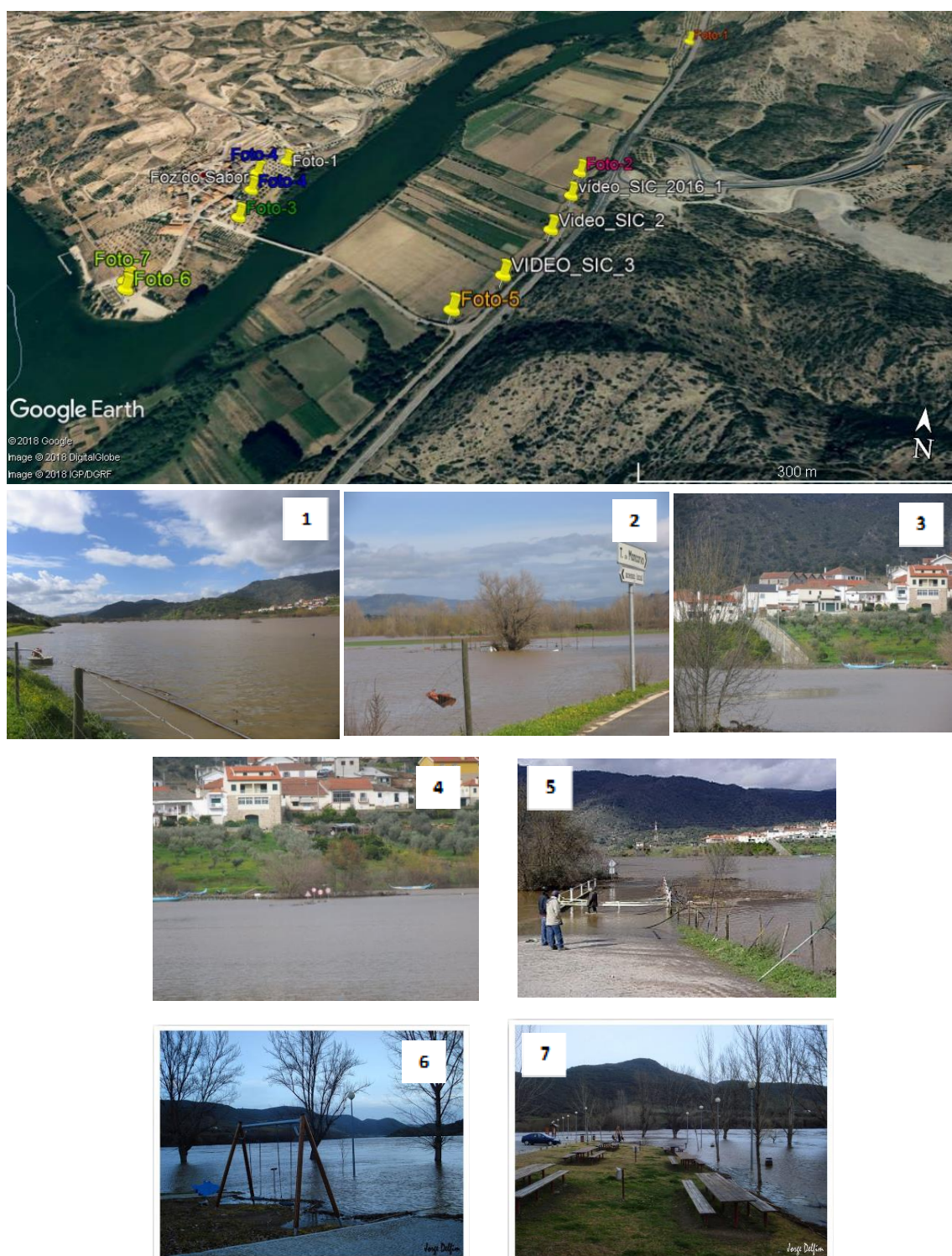


Figura 32 - Fotos que serviram de base para a identificação de marcas de cheia para o evento de 2010.
(Fontes: Blogs “O cantinho do Jorge” e “Torre. Moncorvo”).

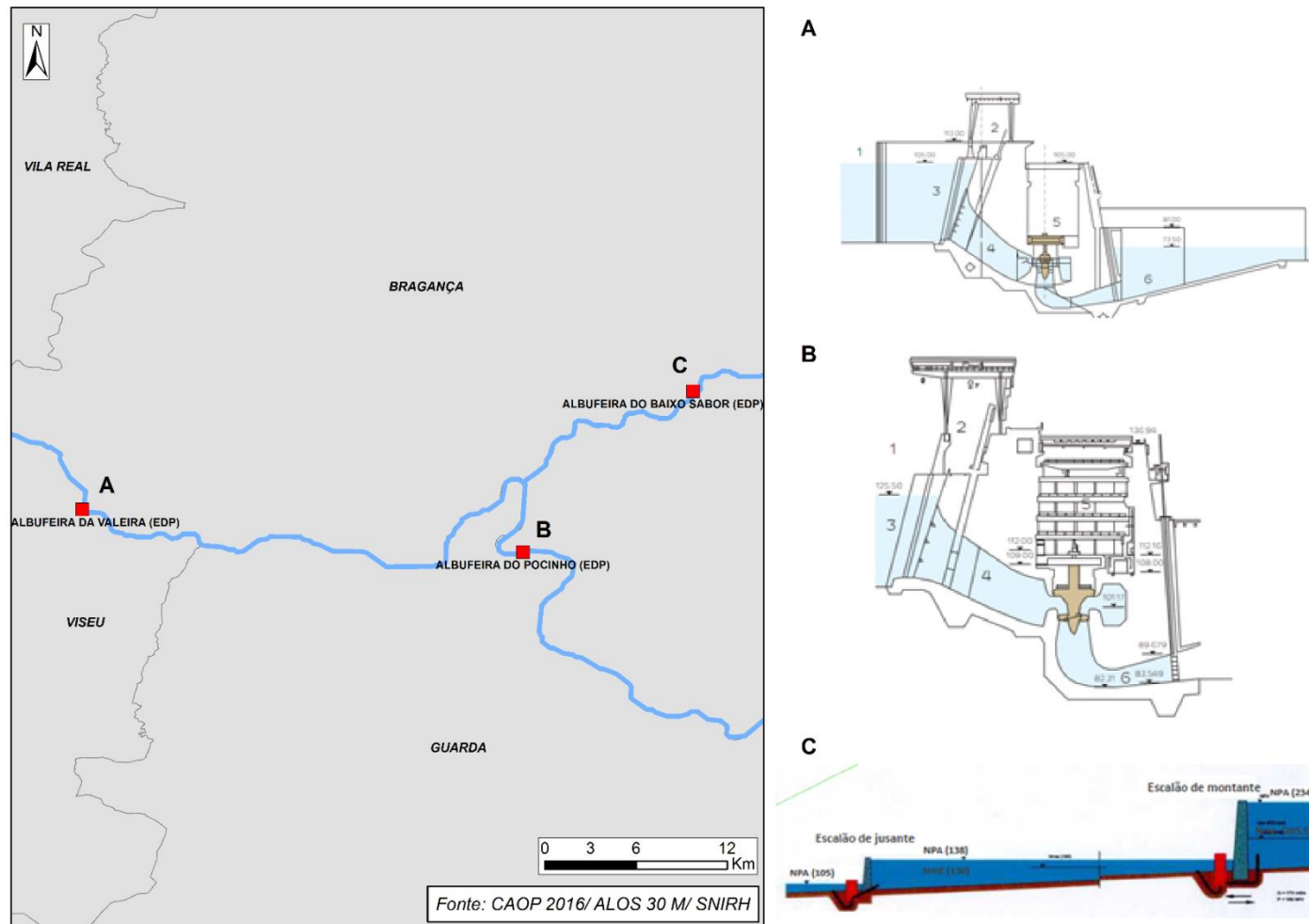


Figura 33 - Localização das Barragens da Valeira, Pocinho e Baixo Sabor e respetivo Nível Pleno de Armazenamento (NPA).

3.2. CHEIA DE 1962 – PONTOS DE CHEIA (GPS)

Para a delimitação do perímetro de inundação da cheia ocorrida em 1962 no Vale da Vilarça, devido á falta de referências históricas, tais como fotos do evento, foi necessário preceder à reconstrução hidro-histórica através do levantamento dos pontos de cheia no terreno com o uso de um GPS, uso de uma marca de cheia e inquéritos aos agricultores mais idosos que viveram o evento.

Assim, verificou-se a existência de uma placa a marcar a cota de cheia atingida em 1962 na aldeia da Foz do Sabor (Figura 36). Através do uso do GPS, retirou-se a altitude a que a marca se encontrava, estando a uma cota de 124 m, o que implica que o caudal terá subido entre 20 a 23 metros, tendo em conta a cota atual do seu leito normal.

Deste modo, foram recolhidos ao longo do Baixo Vale da Vilarça os pontos de cheia através do uso do GPS que se encontrassem a uma cota de 124-125 metros.



Figura 35 – Marca da cheia de 1962 existente na aldeia da Foz do Sabor.(17 de Abril de 2018)

No dia 13 de maio de 2018 foram recolhidos os pontos de cheia referentes à margem direita do rio Sabor e no dia 19 de maio de 2018 foram recolhidos os pontos de cheia referentes à margem esquerda do rio Sabor.

Após a recolha de todos os pontos de cheia, foram posteriormente importados para o Google Earth (Figura 36) e desta forma foi possível ter uma ideia da dimensão do evento de cheia ocorrido em 1962 no Baixo Vale da Vilarça.

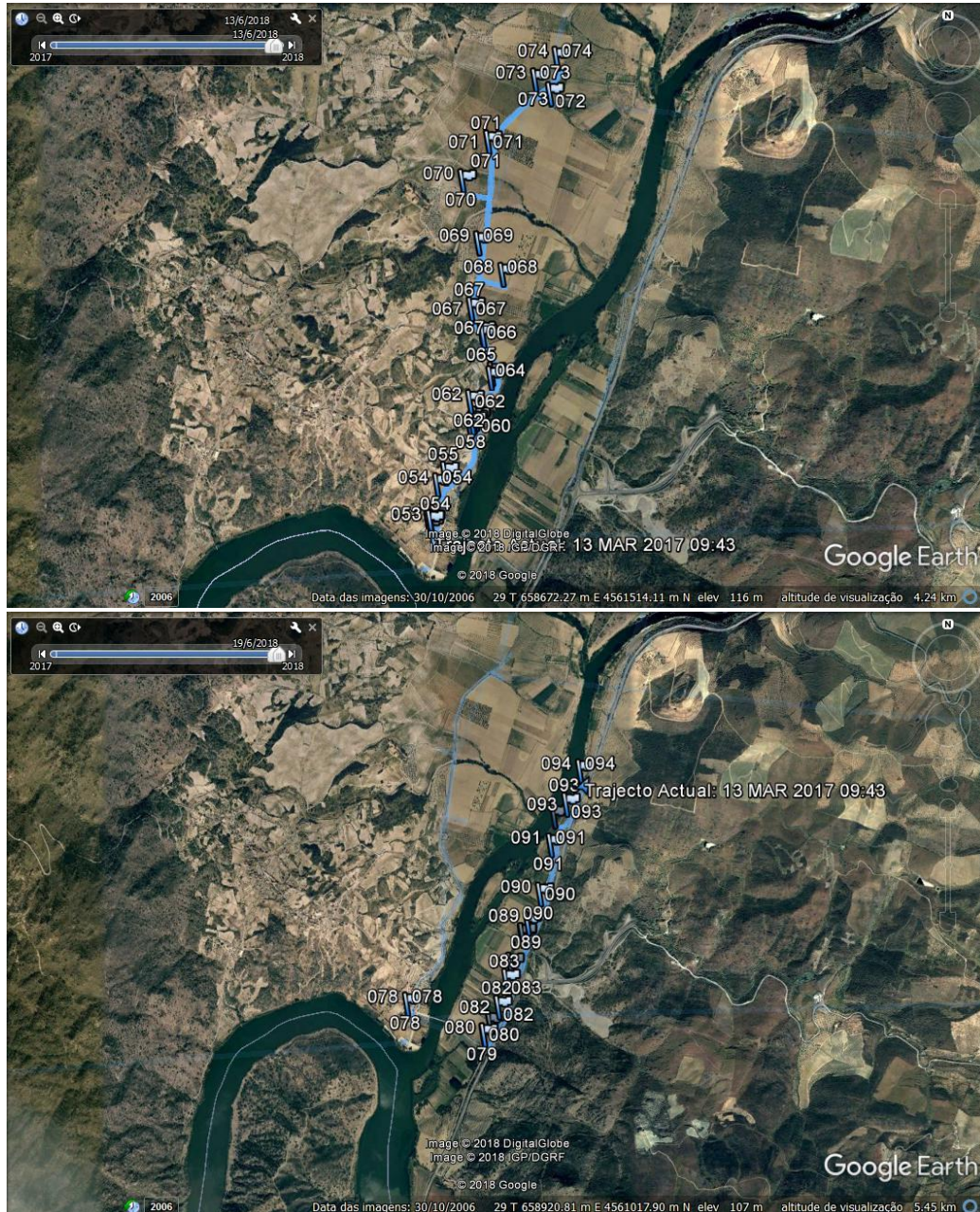


Figura 36 – Pontos de cheia recolhidos no terreno através de GPS para a reconstrução hidro-histórica do perímetro de inundação ocorrido em 1962.

Deste modo, após a representação dos pontos de cheia recolhidos no Google Earth, foram posteriormente importados para o Arcmap sendo desta forma delimitado o perímetro de inundação ocorrido em 1962 (Figura 38). O resultado obtido mostra que terá sido inundada uma área de aproximadamente 274 hectares de áreas agrícolas. No entanto, acreditamos que a área inundada poderá ter sido superior devido à inexistência das barragens do Pocinho, Valeira e do Baixo Sabor nessa altura.

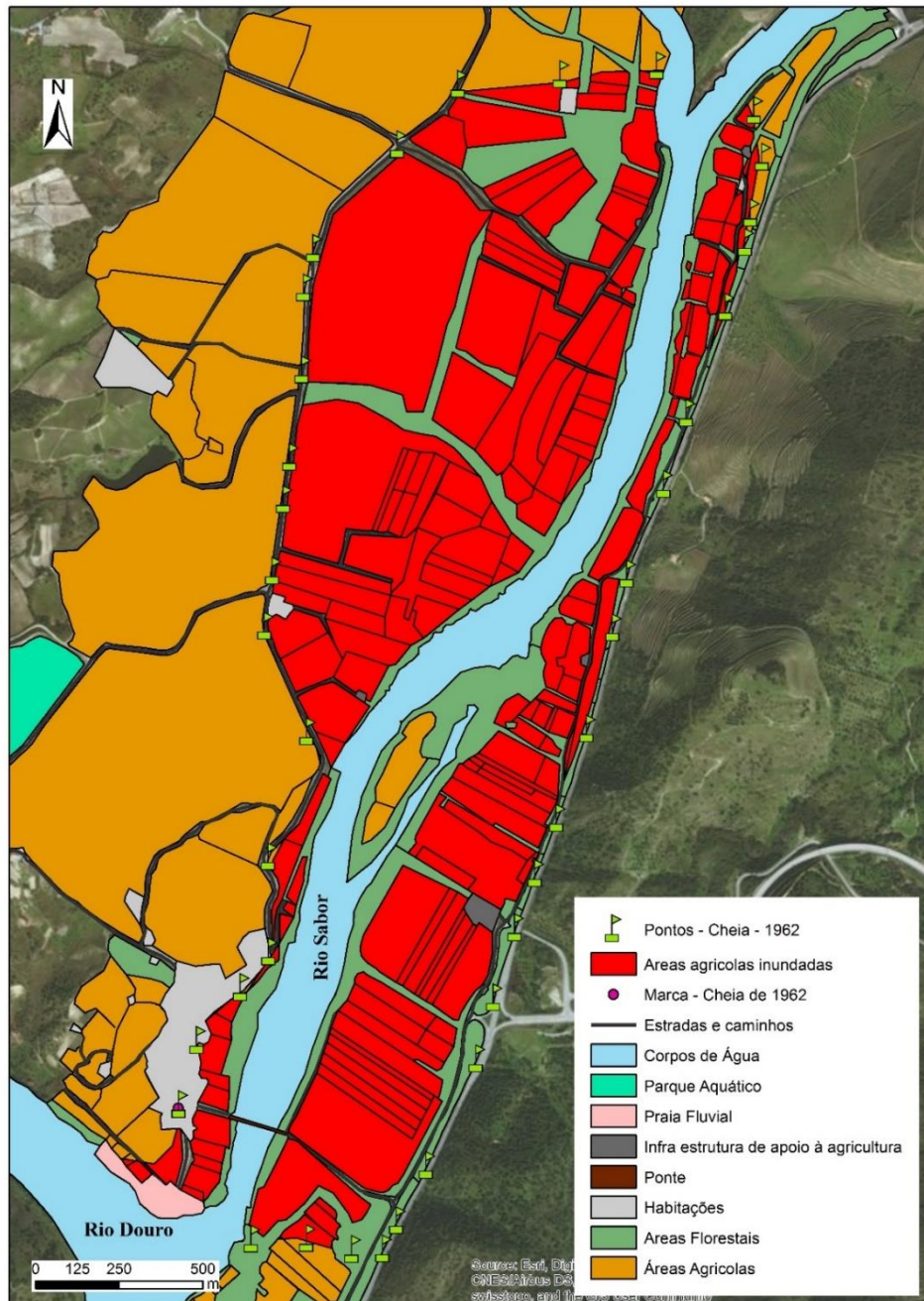


Figura 37 - Ocupação do solo atual e respetiva localização dos pontos de cheia retirados do GPS e das áreas agrícolas inundadas na cheia de 1962.

3.3. CALENDÁRIO AGRÍCOLA

Através da inquirição de testemunhos orais de agricultores da área do Vale da Vilarça foi elaborado um calendário agrícola para se ficarem a conhecer as diferentes culturas agrícolas existentes no Vale da Vilarça, bem como a época do ano em que dada cultura se semeia, trabalha e colhe.

Assim, separando as respetivas culturas entre as temporárias e permanentes (Figura 38), culturas como melão, melancia, meloa, tomate, pepino e courgette plantam-se nos meses de abril e maio, colhem-se entre junho, julho e agosto e os restantes meses são para trabalhos diversos. A couve brócolo e a couve-coração plantam-se de julho a setembro, colhem-se de outubro a dezembro e os restantes meses são para trabalhos diversos. A couve lombardo e a couve-flor plantam-se de maio a agosto, colhem-se de outubro a dezembro e os restantes meses são para trabalhos diversos.



Figura 38 – Calendário Agrícola referente às diferentes culturas agrícolas temporárias e permanentes existentes no Vale da Vilarça.

Em relação às culturas permanentes, a oliveira colhe-se em novembro e dezembro sendo os restantes meses para trabalhos diversos, a colheita da vinha é em agosto e

setembro e a cultura do pêssigo decorre de maio a agosto e os restantes meses são para trabalhos diversos para ambas as culturas.

Verificou-se também uma certa estruturação compósita da paisagem no perímetro de inundação delimitado na área em estudo (Figura 39), ou seja, uma certa organização das culturas agrícolas no território.

Os Prados e Pastagens localizam-se normalmente junto ao rio, ou seja, em áreas que inundam frequentemente, de seguida, num segundo plano surgem as culturas temporárias, principalmente as hortícolas, em áreas que inundam ocasionalmente e por fim, num terceiro plano surgem as culturas permanentes, numa área que inunda exceccionalmente, principalmente culturas de Vinha e Oliveira.



Figura 39 – Esquema da Estruturação compósita da Paisagem existente no Vale da Vilariça (fotos tiradas em 23 de Abril de 2018)

No dia 30 de maio de 2018 foi realizado um reconhecimento de campo das culturas agrícolas existentes tendo por base o perímetro de inundação delimitado para as cheias de 2010 e 2016 (Figura 41), verificando-se a ocorrência de culturas como laranjal, abóbora, melão, hortícolas (essencialmente couve), vinha, oliveira e também algumas áreas sem nenhum cultivo (Quadro 5).

De entre todas as culturas agrícolas registadas, encontravam-se em zona inundável 28 % de cultura de vinha, 24 % de cultura de melão, 14 % cultura de abóbora, seguidamente o Laranjal ocupa 10% das culturas agrícolas em zona inundável e por fim a vinha, oliveira e as áreas sem cultivo com percentagens inferiores a 10% de ocupação (Figura 41).

No mesmo dia, foi também realizado um levantamento de campo das culturas agrícolas existentes tendo por base o perímetro de inundação delimitado para a cheia de 1962 (Figura 42), verificando-se a existência de culturas como laranjal, abóbora, melão, hortícolas (essencialmente couve), vinha (área de grande extensão), oliveira, prados e pastagens e também algumas áreas sem cultivo (Quadro 6).

Assim, entre todas as culturas agrícolas registadas, encontravam-se em zona inundável (Figura 43) 67% de cultura de vinha, seguidamente 9 % das áreas agrícolas dentro do perímetro de inundação eram sem cultivo, 8 % eram culturas de hortícolas e oliveira e as restantes culturas agrícolas em zona inundável com percentagens inferiores a 7 % de ocupação.

Quadro 5 - Área que cada cultura ocupa , em 30 de maio de 2018, na área definida pelo perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016.

Cultura	Área que ocupa (hectares)
Laranjal	0,94
Abóbora	6,9
Melão	11,9
Hortícolas	14,2
Vinha	5,2
Oliveira	2,4
Sem cultivo	8,3
Total	49,9

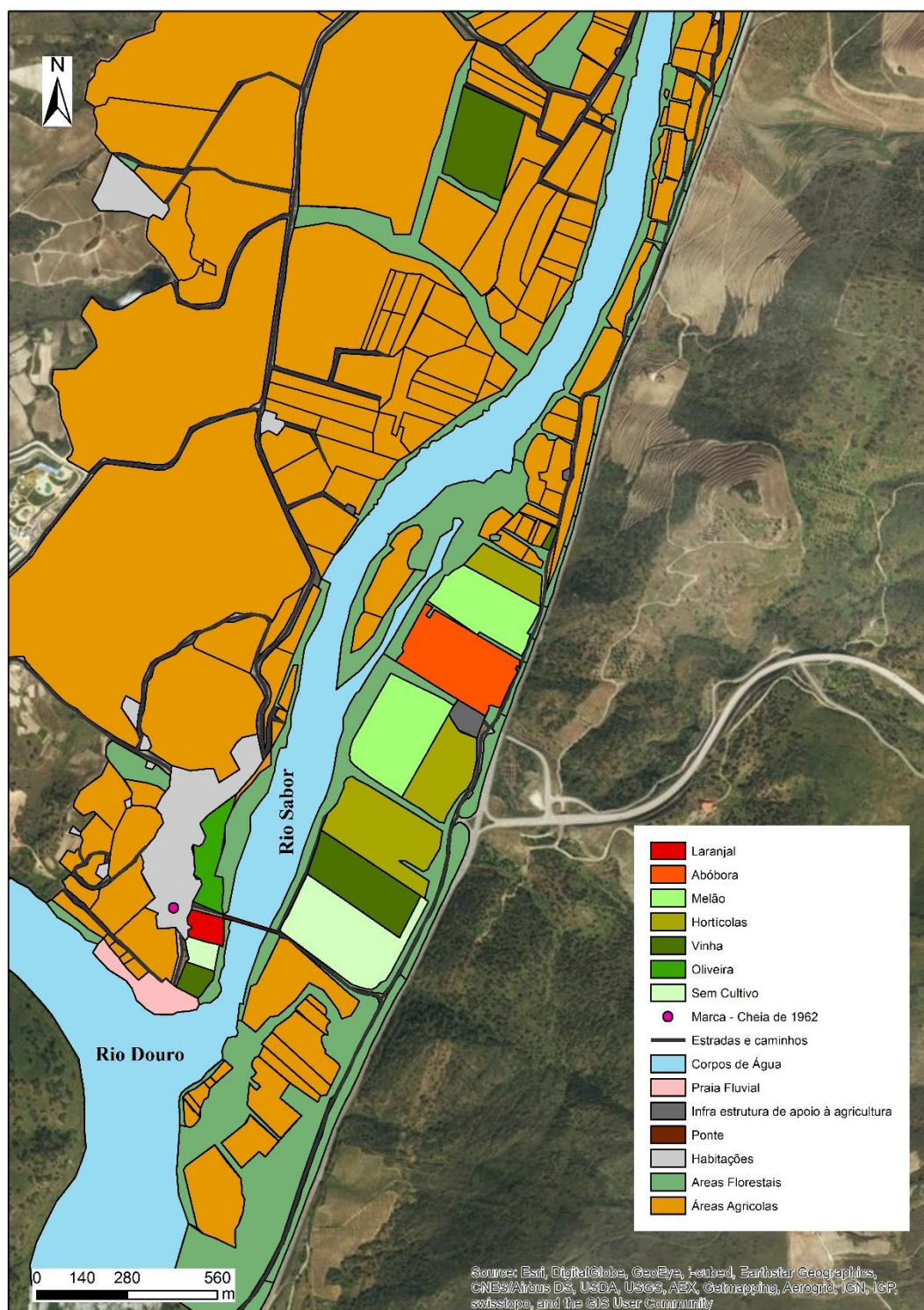


Figura 40 – As diferentes culturas agrícolas existentes em 30 de maio de 2018, tendo por base o perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016.

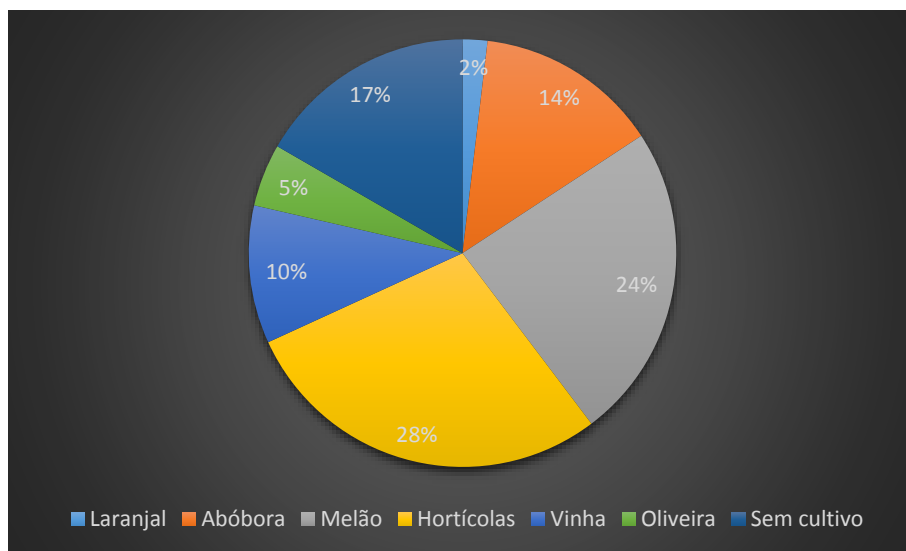
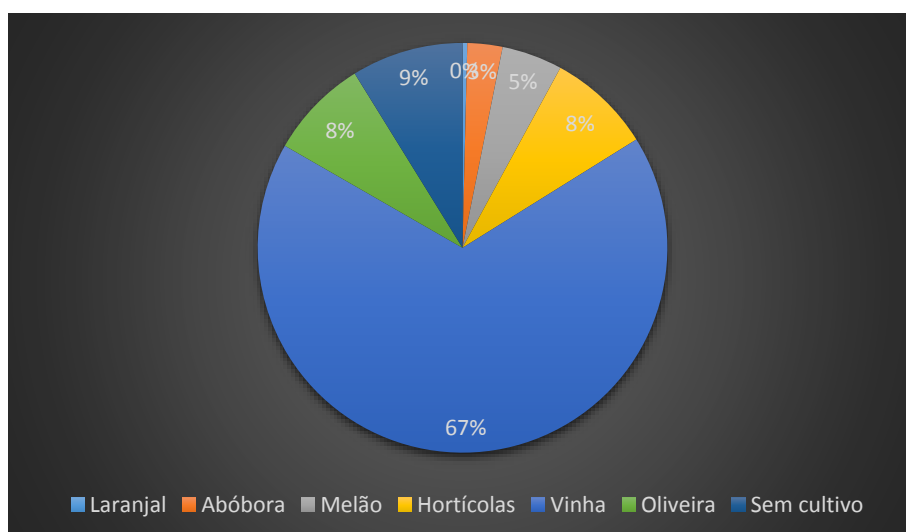


Figura 41 - Percentagem de cada cultura na área definida pelo perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016 (30 de maio de 2018).

Quadro 6 - Área que cada cultura ocupa no perímetro de inundação da cheia de 1962. (30 de maio de 2018).

Cultura	Área que ocupa (hectares)
Laranja	0,94
Abóbora	6,9
Melão	11,9
Hortícolas	20,5
Vinha	167
Oliveira	19,6
Sem cultivo	22
Total	248,84

Figura 42 - Percentagem de cada cultura no perímetro de inundação da cheia de 1962 (30 de maio de 2018).



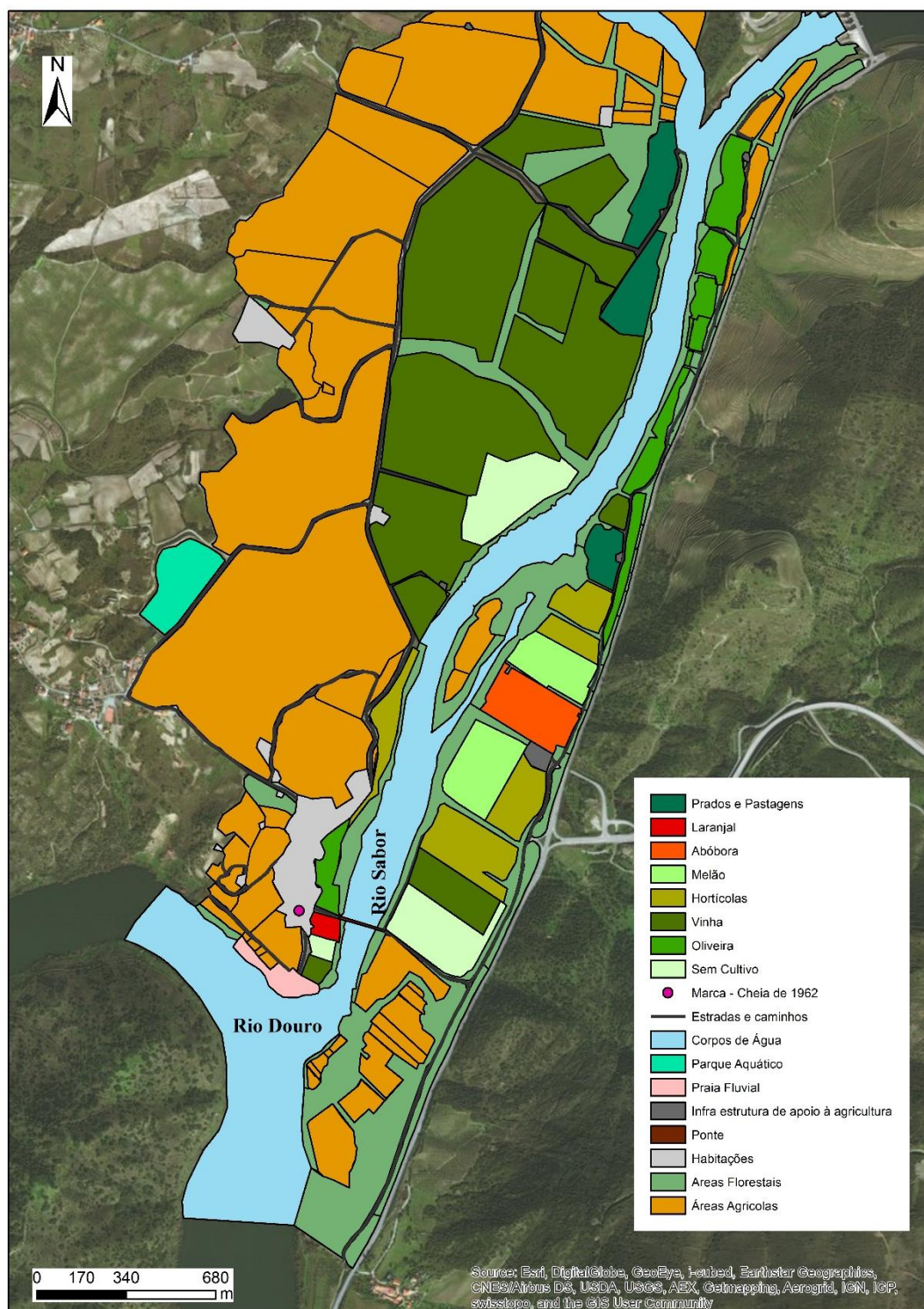


Figura 43 – As diferentes culturas agrícolas existentes em 30 de maio de 2018, tendo por base o perímetro de inundação da cheia de 1962.

CAPÍTULO 4 - ESTIMATIVA DOS DANOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES EM ÁREAS AGRÍCOLAS

4.1. BREVE RESENHA DAS METODOLOGIAS EXISTENTES

A nível internacional têm sido desenvolvidas diversas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas, um estudo feito por Brémond et al (2013) fez a recolha das principais metodologias explicando detalhadamente em que país a metodologia foi aplicada, bem como o ano e o foco do estudo (Figura 44), entre outras características como por exemplo as diferentes variáveis utilizadas nas diversas metodologias.

Nenhuma das metodologias do estudo abordam um caso nacional ou são elaboradas por autores portugueses, revelando a necessidade de realizar trabalhos deste tipo a nível nacional.

Author	Country	Year	Application	Focus	Language
Gayler et al. (2001)	Australia	2001	—	Methodology	English
Goulter and Morgan (1983)	Canada	1983	Wilson Creek, Manitoba	Application	English
Satrapa et al.	Czech republic	2012	—	Agricultural Damage	Czech
Duthion (1982)	France	1982	—	Methodology	French
Deleuze et al. (1991)	France	1991	—	Methodology	French
Torterotot (1993)	France	1991	Orb	Agricultural Damage	French
Pierson et al. (1994)	France	1994	—	Methodology	French
Devaux-Ros (2000)	France	2000	Loire Moyenne	Methodology	French
SIEE et al. (2003)	France	2003	Rhône	Methodology	French
Dury and Didier (2006)	France	2006	Saône-et-Loire	Methodology	French
Erdlenbruch et al. (2007)	France	2007	Orb	Agricultural Damage	French
Blanc et al. (2008)	France	2008	Touloubre	Agricultural Damage	French
Blanc (2008)	France	2008	Touloubre	Agricultural Damage	French
CA30 (2009)	France	2009	Rhône	Methodology	French
Agenais (2010)	France	2011	Languedoc-Roussillon	Methodology	French
Brémond and Grelot (2010)	France	2010	Rhône	Methodology	French
Brémond (2011)	France	2011	Rhône	Methodology	English
Neubert and Thiel (2004)	Germany	2004	—	Methodology	German
Förster et al. (2008)	Germany	2008	Elbe	Agricultural Damage	English
Poirée and Ollier (1973)	Hungary	1948	—	Methodology	French
Dutta et al. (2003)	Japan	2003	Ichinomiya	Agricultural Damage	English
MLIT (2005)	Japan	2005	—	Methodology	Japanese
Hoes and Schuurmans (2006)	Netherlands	2006	Westeraamstel area	Application	English
Jonkman et al. (2008)	Netherlands	2008	South Holland	Application	English
Du Plessis and Viljoen (1997)	South Africa	1997	—	Methodology	Afrikaans
Du Plessis and Viljoen (1998)	South Africa	1998	Orange river area	Agricultural Damage	English
Du Plessis and Viljoen (1999)	South Africa	1999	Orange river area	Methodology	English
Consuegra Zammit (1992)	Switzerland	1992	Broye	Agricultural Damage	French
Morris and Hess (1988)	UK	1988	South West England	Methodology	English
Hess and Morris (1988)	UK	1988	South West England	Methodology	English
Dunderdale and Morris (1997a)	UK	1997	River Wensum	Agricultural Damage	English
Dunderdale and Morris (1997b)	UK	1997	River Wensum	Agricultural Damage	English
Morris et al. (2000)	UK	2000	East England	Agricultural Damage	English
Morris et al. (2004a)	UK	2004	England	Agricultural Damage	English
Morris et al. (2004b)	UK	2004	England	Agricultural Damage	English
Penning-Roswell et al. (2005)	UK	2005	—	Methodology	English
Lacewell and Eidman (1970)	USA	1970	—	Agricultural Damage	English
McDonald (1970)	USA	1970	gladstone -Kincheta	Application	English
Lacewell and Eidman (1972)	USA	1972	Nuyaka Creek floodplain	Agricultural Damage	English
USACE (1985)	USA	1985	—	Methodology	English
Lacewell et al. (2006)	USA	2006	Willacy County, Texas	Methodology	English

Figura 44 - Principais artigos para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas.
Adaptado de Brémond et al., (2013).

Segundo Bubeck et al., (2011), a gestão do risco de inundação também leva em consideração as consequências esperadas de inundações, como as perdas económicas diretas ou as perdas de vida, no entanto, tem havido um interesse crescente na avaliação do impacto do fluxo, em especial na estimativa de perdas económicas diretas, como se identifica em alguns dos estudos anteriormente referidos, como os de Deleuze et al., (1991), Torterotot (1993), Forster et al., (2008) e Jonkman et al (2008).

Em relação as diferentes variáveis e fatores de influência nos danos na agricultura, segundo Pechhacker (2016) nos danos das cheias e inundações a análise das “curvas de estado de dano”, formuladas para certos acontecimentos e regiões, são os principais instrumentos utilizados para calcular a estimativa dos danos.

As curvas de estado de dano são um método básico e descrevem o dano de uma inundação como uma função de um certo parâmetro da inundação, muitas vezes é utilizada a profundidade da inundação. Estas podem ser desenvolvidas utilizando a simulação de dados ou pela utilização interpolada de dados reais, por exemplo, certos pontos medidos, dados históricos ou pedidos de seguro Freni et al., (2010).

Assim, são de evidenciar os seguintes parâmetros e fatores de influência nos danos na agricultura:

- **A sazonalidade** é tida em conta pela maioria dos estudos. A estação do ano e a duração da inundação são parâmetros cruciais para os danos que dizem respeito à agricultura (Merz et al. 2010; Brémond et al. 2013). A sazonalidade é essencial para a perda da colheita no que concerne à fase de crescimento e aos respetivos custos de produção. As cheias no início do verão causam danos maiores/ mais graves do que em agosto, depois do período das colheitas (Förster et al. 2008, Brémond et al. 2013). Existe a necessidade de recolher dados sobre os custos de produção e o rendimento da colheita ao longo do ano para ter em conta a sazonalidade. (Brémond et al. 2013).

- **A duração da submersão** é também um parâmetro usado frequentemente. Não é evidente se esta duração inclui a seca do solo, até que os processos de trabalho possam recomeçar ou apenas o tempo que a planta está debaixo de água. Förster et al. (2008) sugere assumir perda total de rendimentos devido à combinação da perda pela

inundação e as posteriores restrições no acesso para a limpeza e para continuar o trabalho por causa da alta humidade do solo.

- **A velocidade do fluxo** é considerada pela definição de limites de alta ou baixa velocidade da corrente. É um parâmetro importante em termos de erosão, para avaliar os danos no solo, Brémond et al. (2013). Segundo Brémond et al (2014), consoante diferentes velocidades da água, podem ocorrer diferentes danos nas culturas bem como no solo e nos equipamentos de apoio (Quadro 7). Por exemplo, quando a velocidade da corrente é de 0 a 0,5 m³/s não ocorrem praticamente danos sendo transportados apenas pequenos detritos, quando a velocidade aumenta de 0,5 a 1 m³/s já se verificam alguns danos em todos os setores sendo as culturas permanentes as principais a serem afetadas, por fim, quando a velocidade do fluxo é superior a 1 m³/s verificam-se danos graves em todos os setores, sendo as principais culturas afetadas as temporárias e a água transporta detritos médios e grosseiros.

Quadro 7 - Velocidade da corrente classificada de acordo com as respetivas classes. Adaptado de Brémond et al., (2014).

Nível da corrente	Descrição	Velocidade
Baixo	Sem erosão do solo. Nenhum desenraizamento de culturas quando elas já estão enraizadas. Nenhum dano nos equipamentos que estão nas parcelas. Água com pequenos detritos.	0 a 0,5 m ³ /s
Médio	Erosão superficial do solo. Levantamento das culturas anuais. Danos nos equipamentos frágeis que estão nas parcelas. Água com pequenos e médios detritos.	0,5 a 1 m ³ /s
Forte	Erosão localmente importante (ravinas). Levantamento das culturas temporárias. Danos em todos os equipamentos que estão nas parcelas. Água com detritos médios e grosseiros.	1 a 2 m ³ /s

De esclarecer também que mesmo que a velocidade da água seja reduzida, quando as culturas são afetadas por inundações durante um certo período de tempo ficando submersas, a sua qualidade pode ser reduzida e consequentemente o valor de mercado da cultura ser menor (Brémond et al., 2013).

- **O depósito, a contaminação, a salinidade e a selagem do terreno** podem afetar as produções posteriores e os custos de cultivo. A contaminação não foi tida em conta nos estudos que foram revistos, Brémond et al. (2013). Um alto número de parâmetros (sazonalidade da cheia, profundidade da água, duração, velocidade,

depósitos, contaminação e salinidade da água) melhoram os resultados (Merz et al. 2010; Brémond et al. 2013) mas não há nenhuma metodologia definida para os incluir.

Segundo Messner et al., (2007), existem também, nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas de micro escala, diferentes passos para uma correta avaliação dos danos.

Num estudo elaborado pelos autores anteriormente referidos na Alemanha (Quadro 8), sugerem que o primeiro passo seja o requerimento de dados, de seguida as categorias de dano consideradas, no terceiro passo seriam recolhidas as características da inundação, os dados sobre o uso do solo e posterior avaliação dos ativos e por fim o quarto e último passo seria o cálculo e apresentação dos danos.

Quadro 8 - Diferentes passos a seguir nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas de micro escala. Adaptado de Messner et al., (2007).

	EXEMPLOS	Abordagem DWA- Alemã (Buck 2006, DWA 2007)
PASSO 1	Requerimentos de dados	Dados orientados por objetos do usados no terreno (podem também ser recolhidos em pesquisas de campo)
PASSO 2	Categorias de danos consideradas	Propriedades residenciais (Edifícios e inventários)
PASSO 3	Características de inundação requeridas	Por ocorrências de diferente frequência: - área - profundidade
	Dados sobre a utilização da terra	Informação sobre o tipo e idade das propriedades residenciais e não residenciais tem de ser avaliada em pesquisas de campo.
	Determinação dos valores dos ativos	Não é necessário.
	Funções de dano	Funções de dano de objeto específico são derivadas sinteticamente para cada propriedade pelos avaliadores peritos/especialistas.
PASSO 4	Cálculo de dano e apresentação	Os resultados podem ser apresentados como quantidades de danos ou pelo mapeamento de danos (para cada objeto).

Segundo Merz et al., (2010), os diferentes modelos para o cálculo de danos causados por inundações podem também ser classificados como modelos de dano empíricos e sintéticos, tendo cada tipo de modelo as suas vantagens e desvantagens (Quadro 9).

Por exemplo, uma vantagem dos modelos de dano empíricos é o facto de a informação do dano real possui uma maior precisão do que os dados sintéticos e uma desvantagem é por exemplo a escassez de informação sobre inundações de diferente magnitude e muitas vezes falta de registos dos danos com grande profundidade de água

requer extrapolações. Por outro lado, uma vantagem dos modelos de dano sintéticos é por exemplo altos níveis de uniformização e comparação dos danos e uma desvantagem é por exemplo o facto de as ações de mitigação não serem tidas em conta.

Quadro 9 - Vantagens e desvantagens nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações sintéticas e empíricas. Adaptado de Merz et al., (2010).

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
MODELOS DE DANOS EMPÍRICOS	<p>A informação do dano real possui uma maior precisão do que os dados sintéticos. (Gissing and Blong, 2004)</p> <p>As medidas de abrandamento/atenuação dos efeitos dos danos podem ser quantificadas e tidas em conta no modelo de danos. (Kreibich et al. 2005; Thieken et al. 2008^a).</p> <p>A variabilidade de uma categoria e a profundidade da água é refletida pelos dados e a incerteza pode ser quantificada. (Merz et al-2004).</p>	<p>Pesquisas detalhadas dos danos depois das inundações não são comuns, assim os modelos podem basear-se em dados de fraca qualidade. (Smith, 1994).</p> <p>Escassez de informação sobre inundações de diferente magnitude e muitas vezes falta de registos dos danos com grande profundidade de água requer extrapolações. (Smith, 1994; Gissing and Blong, 2004).</p> <p>Transferência em tempo e espaço é difícil devido às diferenças em tempo de alerta, experiência de inundação, tipo de edifício e conteúdos. (Smith, 1994).</p>
MODELOS DE DANOS SINTÉTICOS	<p>Em cada edifício, a informação de dano por vários níveis de água pode ser restaurada/ recuperada. (Penning-Rowsell and Chatterton, 1977).</p> <p>A abordagem não se baseia na informação de ocorrências reais de inundações e pode por isso ser aplicada em qualquer área. (Smith, 1994).</p> <p>Altos níveis de uniformização e comparação dos danos estima</p>	<p>É necessário um grande esforço para desenvolver base de dados detalhadas (método do inventário) ou realizar grandes pesquisas (método de validação por pesquisa) para conseguir dados suficientes para cada categoria/ tipo de edifício. (Smith, 1994).</p> <p>E se as análises são subjetivas resultando em estimativas incertas dos danos (Gissing and Blong, 2004; Soetanto and Proverbs, 2004)?</p> <p>As ações de mitigação não são tidas em conta (Smith, 1994).</p> <p>Premissas de uma só classificação pode exibir grandes variações que não são refletidas pelos dados. (Smith, 1994).</p>

Da mesma forma, e tendo em conta o que foi anteriormente referido, os modelos para o cálculo de danos causados por inundações podem também ser classificados tendo em conta a sua função de dano, podendo ser uma função de dano relativa ou absoluta, existindo também as suas vantagens e desvantagens em cada uma das tipologias.

Uma das vantagens da utilização das funções de dano relativas é por exemplo a sua simplicidade, porque muitas fontes de dados sobre o valor das propriedades estão disponíveis enquanto uma desvantagem é por exemplo o facto da sua estimativa poder trazer incerteza adicional. Por outro lado, uma vantagem das funções absolutas de danos

é por exemplo não serem necessários valores ativos, o dano monetário estimado devido a um cenário de inundações apresentado resulta diretamente e uma desvantagem é por exemplo o modelo depender do valor total do elemento exposto afetado (Quadro 10).

Quadro 10 - Vantagens e desvantagens nas metodologias para o cálculo de danos causados por inundações relativas e absolutas. Adaptado de Merz et al., (2010).

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
FUNÇÕES RELATIVAS DE DANOS	<p>Simplicidade, porque muitas fontes de dados sobre o valor das propriedades estão disponíveis. (Messner et al., 2007).</p> <p>Melhor transferência em espaço e tempo, uma vez que eles são independentes de mudanças no mercado de valores de estruturas individuais, que podem resultar da inflação, das mudanças na economia local ou do desenvolvimento de status. (Krzysztofowicz e Davis, 1983).</p> <p>Aplicado por diferentes objetivos (análises de custos-benefícios assim como PML-estudos para seguros; apenas a base de dados de ativos tem de ser alterada).</p>	<p>Os valores do ativo do objeto são necessários.</p> <p>A sua estimativa poderá trazer incerteza adicional.</p>
FUNÇÕES ABSOLUTAS DE DANOS	<p>Não são necessários valores ativos, o dano monetário estimado devido a um cenário de inundações apresentado resulta diretamente.</p>	<p>Necessidade de recalibração regular e.g. funções de dano de Penning-RowSELL and Chatterton, (1977) foram recalibradas, refletindo grandes investimentos em propriedades e conteúdos (Penning-RowSELL and Green, 2000).</p> <p>Dependendo do valor total do objeto afetado.</p>

4.2. MODELO ADOTADO E RESULTADOS OBTIDOS PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS

Sendo o objetivo primordial deste trabalho de investigação o cálculo do risco através da quantificação do dano tangível direto para as áreas agrícolas do Vale da Vilarça que são afetadas por inundações, é de esclarecer que os danos económicos do setor agrícola são normalmente muito inferiores quando comparados com os danos existentes em áreas urbanas, o que levou a que a avaliação dos danos causados por cheias em áreas agrícolas apenas seja estudada usando abordagens simples e estimativas aproximadas.

Analisando o Calendário Agrícola das diferentes culturas e a época do ano em que aconteceram os principais eventos de cheia anteriormente analisados, conclui-se que algumas culturas podem ser afetadas na época da sua colheita (como por exemplo a oliveira nos meses de Novembro e Dezembro) e na época de plantio (como por exemplo a couve-lombarda no mês de Abril), no caso da cheia de 2016, que aconteceu no mês de Abril, justifica-se deste modo a análise dos danos antes a época de colheita das culturas de Verão.

Assim, tal como foi referido anteriormente no capítulo 1 uma forma para se obter o dano total esperado em dada área agrícola afetada por inundações está relacionada com o cálculo do valor de mercado que poderia ter sido obtido pela colheita e posterior venda, caso esta não tivesse sido afetada por inundações.

Deste modo, a metodologia adotada para o cálculo de danos causados por inundações nas áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça foi a metodologia de Deleuze et al., (1991), que tem como resultado final os custos médios de danos por hectare inundado em euros, em função da cultura agrícola. Esta metodologia tem em conta três parâmetros e fatores de influência nos danos na agricultura, nomeadamente a época do ano, o tipo de cultura agrícola e a duração da inundação.

Para a aplicação destes parâmetros para o caso de estudo do Vale da Vilarça, foi necessário realizar um levantamento de campo das diferentes culturas agrícolas existentes, no dia 30 de maio de 2018, ou seja antes da época das culturas de Verão e estabelecer um calendário agrícola a partir das informações fornecidas pelos agricultores locais. Relativamente à duração da inundação, esta foi obtida através da análise dos

hidrogramas de cheia realizados para os principais eventos ocorridos na área de estudo, já analisados no capítulo 2. Em média, face aos resultados que se obtiveram, cada evento de cheia teve a duração de 3 ou mais dias (entre 3 a 9 dias de duração), assumindo que todas as culturas agrícolas ficariam totalmente destruídas, *i.e.*, o dano seria total.

Na ótica das áreas agrícolas, a duração da inundação assume uma relação com os danos causados em diferentes culturas, porque existe um tempo máximo tolerável para cada cultura, devido à falta de oxigénio no solo causado pela submersão das mesmas. Por exemplo, culturas como a batata não resistem mais de 24 horas submersas até sucumbirem totalmente, (Citeau, 2003; Berglund, 2005; Glogoza, 2005).

Foi então necessário elaborar um fluxograma (Figura 45) onde foram enumerados os diferentes passos a aplicar para a correta utilização da metodologia tendo em conta os dois perímetros de inundação em análise, nomeadamente o perímetro das cheias de 2010/2016 e da cheia de 1962.

Inicialmente foram calculadas as áreas que cada cultura agrícola ocupa em m² nos dois perímetros de inundação em análise. Depois a respetiva área em m² foi convertida para hectares para de seguida se obter o valor médio de toneladas de cada cultura agrícola por hectare, que foi de 25 toneladas por hectare tendo em conta as informações cedidas pelo Agricultor Mário Martins (<https://sicnoticias.sapo.pt/pais/2016-05-12-Chuva-volta-a-inundar-culturas-junto-a-foz-do-Rio-Sabor-em-Torre-de-Moncorvo>).

Posteriormente, após se obter o valor médio de toneladas de cada cultura agrícola por hectare, foi necessário converter os valores de toneladas para quilos para se analisar o valor de mercado de cada cultura agrícola (Eur/Kg/), valor de mercado que foi obtido através da análise do Anuário Agrícola existente no Sistema de Informação de Mercados Agrícolas, relativo ao ano de 2013, através do estudo das cotações mais frequentes nos principais Mercados Abastecedores (<http://sima.gpp.pt:8080/sima>).

Assim, após a soma dos quilos respetivos a cada cultura sobre o valor de mercado da mesma, foi possível chegar a três resultados finais, nomeadamente o dano monetário estimado para cada cultura, o dano estimado total para os 2 perímetros de inundação em análise (Cheias de 2010/16 e 1962), bem como a realização de 2 mapas de risco onde se representaram os custos médios de danos em Euros/Hectare para as Cheias de 2010/16, ou seja, para um perímetro de inundação com uma área reduzida e para a Cheia de 1962 (perímetro de inundação com uma área significativamente maior), sendo desta forma

possível verificar quais as áreas do Baixo Vale da Vilarça onde existem maiores valores a perder em termos agrícolas.

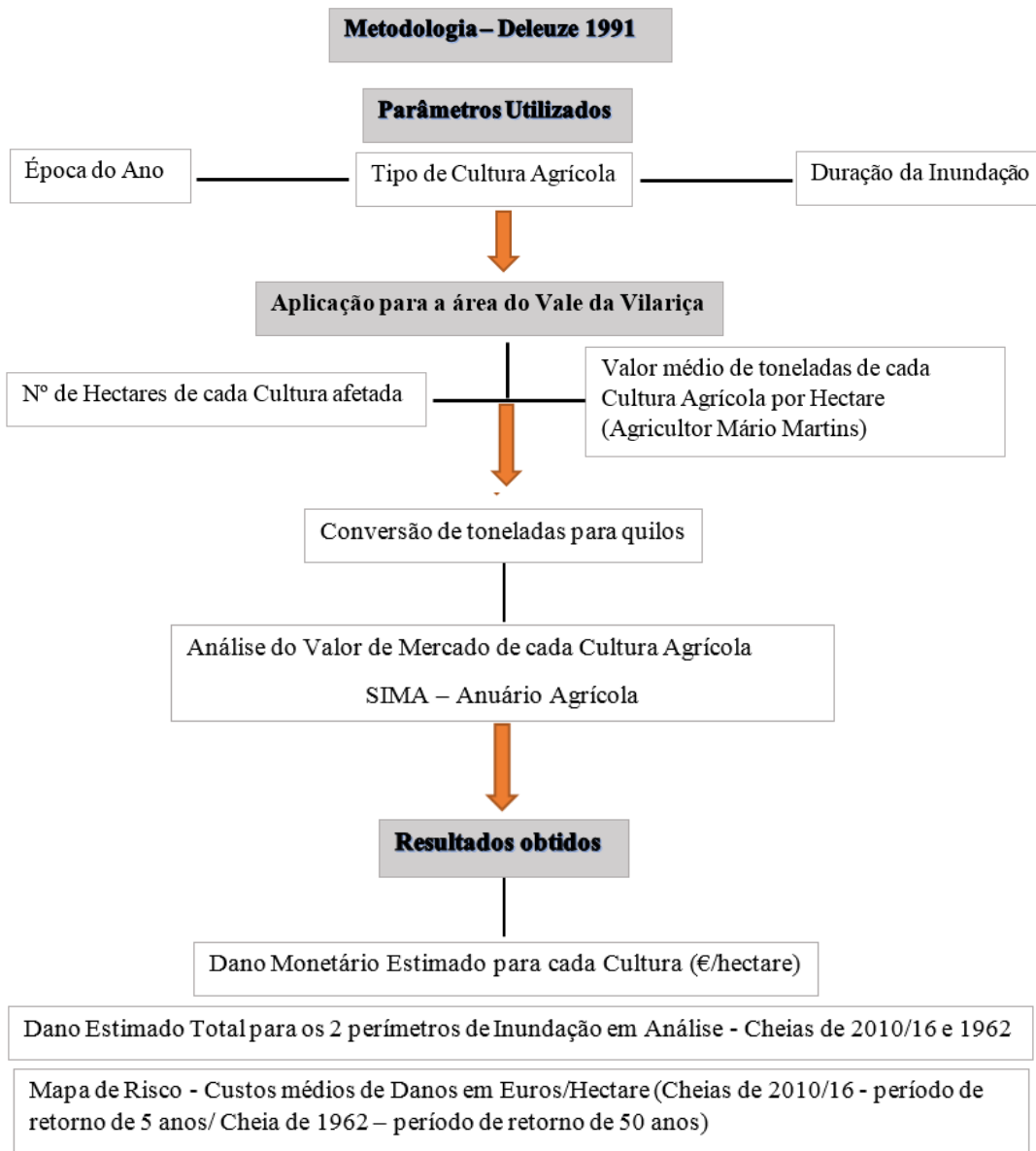


Figura 45 - Fluxograma relativo a metodologia adotada para o cálculo de danos causados por inundações para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça.

Desta forma, tendo por base a metodologia anteriormente referida, após a realização das respetivas conversões e cálculos, para o perímetro de inundação das cheias de 2010/2016, as culturas que podem ser perdidas antes da época de colheita das principais culturas de verão (quadro 11), são de 9 600 € para a cultura do Laranjal, de 35 000 € para a cultura da Abóbora, de 87 000 € para a cultura de Melão, de 88 750 € de

dano monetário para as Hortícolas, de 156 000 € para a cultura da Vinha e de 36 000 € para a cultura da Oliveira, dando um dano monetário estimado total de 412 350 € para o perímetro de inundação das cheias de 2010/2016.

Quadro 11 - Dano monetário estimado para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação das cheias de 2010-2016.

<i>Cultura</i>	Área (m²)	Área (ha)	Toneladas por cultura	Kg	Valor de mercado de cada cultura (€/kg)	Dano Monetário Estimado para cada Cultura (€)
<i>Laranjal</i>	9363,6	0,94	24	24 000	0,40	9 600 €
<i>Abóbora</i>	69251,7	6,9	175	175 000	0,20	35 000 €
<i>Melão</i>	119468,1	11,9	300	300 000	0,29	87 000 €
<i>Hortícolas</i>	142012,5	14,2	355	355 000	0,25	88 750 €
<i>Vinha</i>	52058,7	5,2	130	130 000	1,2	156 000 €
<i>Oliveira</i>	23621,6	2,4	60	60 000	0,6	36 000 €
<i>Sem cultivo</i>	83199	8,3	0	0	0	0
Total	498975,2	49,9	1044	1 044 000	0	412 350 €

Em termos de distribuição do dano monetário no território (Figura 46) tendo por base o perímetro de inundação de 2010/2016, verifica-se que as áreas agrícolas existentes na margem esquerda do rio Sabor são as que podem ser mais afetadas, no entanto, mesmo dentro do Baixo Vale da Vilarça existem maiores valores a perder em diferentes locais da área de estudo, justificando-se por exemplo existirem maiores valores a perder onde a cultura da vinha está localizada porque é a cultura com maior valor de mercado, seguindo-se as áreas com maior extensão de produção, como por exemplo a cultura do melão e das hortícolas, onde se verifica também um dano monetário estimado elevado, embora o valor de mercado da cultura seja reduzido. É também de esclarecer que a representação do dano monetário no mapa para cada cultura corresponde para a junção das parcelas e não para cada parcela individualmente.

Mapa de Risco de Cheia - Perímetro de Inundação de 2010/2016 - Baixo Vale da Vilarça

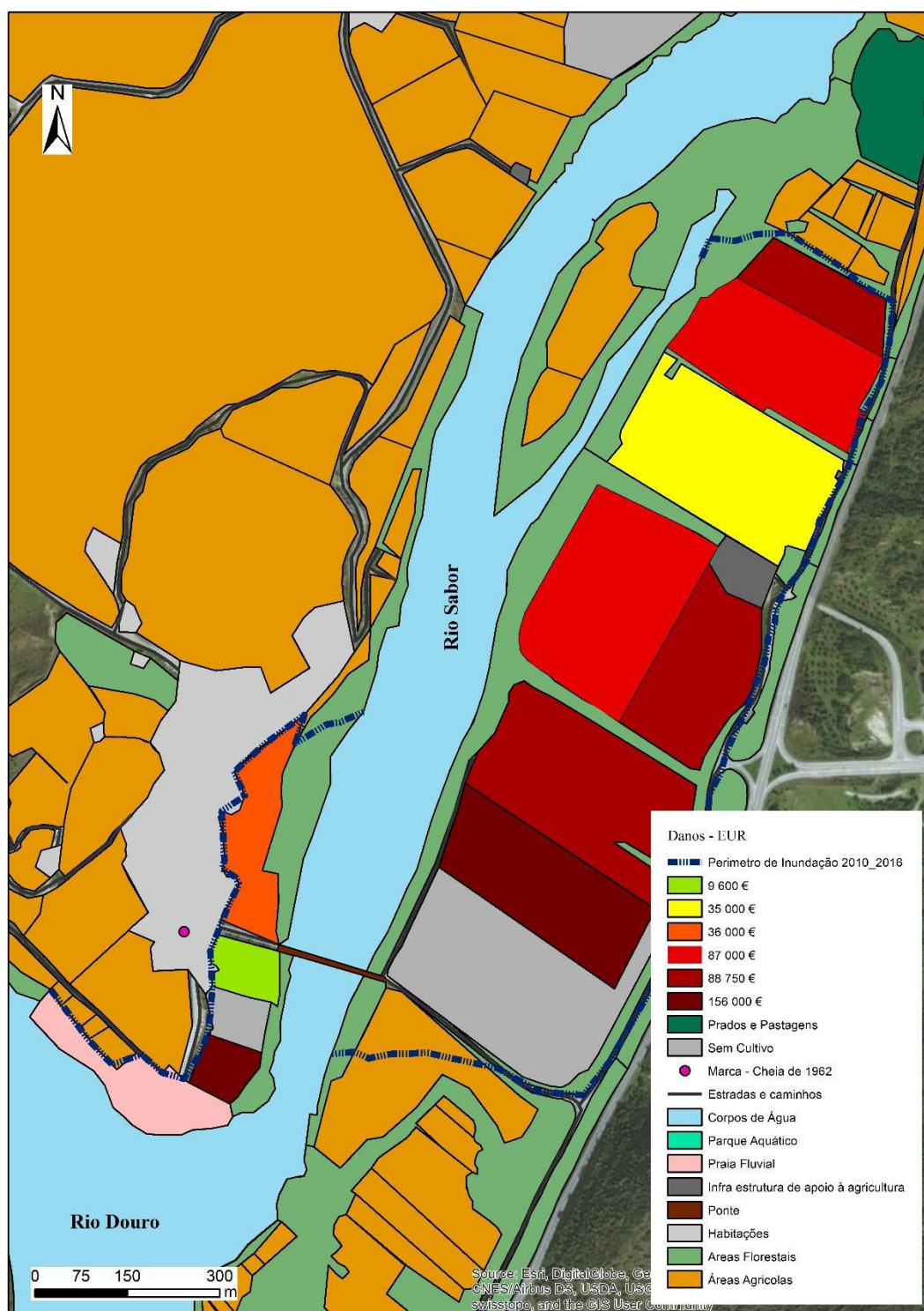


Figura 46 - Mapa de risco de cheia para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação das cheias de 2010/2016. Fonte – SIMA (Sistema de Informação de Mercados Agrícolas)

Por outro lado, tendo por base a mesma metodologia, após a realização das respetivas conversões e cálculos, para o perímetro de inundação da cheia de 1962, as

culturas que podem ser perdidas antes da época de colheita das principais culturas de verão (Quadro 12), são de 9 600 € para a cultura do Laranjal, de 35 000 € para a cultura da Abóbora, de 87 000 € para a cultura de Melão, de 128 000 € de dano monetário para as Hortícolas, de 5 010 000 € para a cultura da Vinha revelando a grande área e importância que esta cultura tem para o Baixo Vale da Vilarça, de 294 000 € para a cultura da Oliveira, dando um dano monetário estimado total de 5 563 600 € para o perímetro de inundação da cheia de 1962, isto é, cerca de um valor 12 vezes mais do que o valor calculado para um evento similar aos de 2010/2016.

Quadro 12 - Dano monetário estimado para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação da cheia de 1962.

<i>Cultura</i>	Área (m ²)	Área (ha)	Toneladas por cultura	Kg	Valor de mercado de cada cultura (€/kg)	Dano Monetário Estimado para cada Cultura (€)
<i>Laranjal</i>	9363,6	0,94	24	24 000	0,40	9 600 €
<i>Abóbora</i>	69251,7	6,9	175	175 000	0,20	35 000 €
<i>Melão</i>	119468,1	11,9	300	300 000	0,29	87 000 €
<i>Hortícolas</i>	204936,6	20,5	512	512 000	0,25	128 000 €
<i>Vinha</i>	1677808	167	4 175	4 175 000	1,2	5 010 000 €
<i>Oliveira</i>	196935	19,6	490	490 000	0,6	294 000 €
<i>Sem cultivo</i>	220310	22	0	0	0	0
Total	4270490	248,84	5 676	5 676 000	0	5 563 600 €

Em termos de distribuição do dano monetário no território (Figura 47) tendo por base o perímetro de inundação de 1962, verifica-se que a maioria dos valores a perder em termos agrícolas se localizam no setor norte do Baixo Vale da Vilarça, ou seja, na confluência entre o rio Sabor e a Ribeira da Vilarça, onde as culturas da vinha (margem direita) e oliveira (margem esquerda) predominam em termos de extensão, sendo também as duas culturas com valor de mercado mais elevado.

Mapa de Risco de Cheia - Perímetro de Inundação de 1962 - Baixo Vale da Vilarça

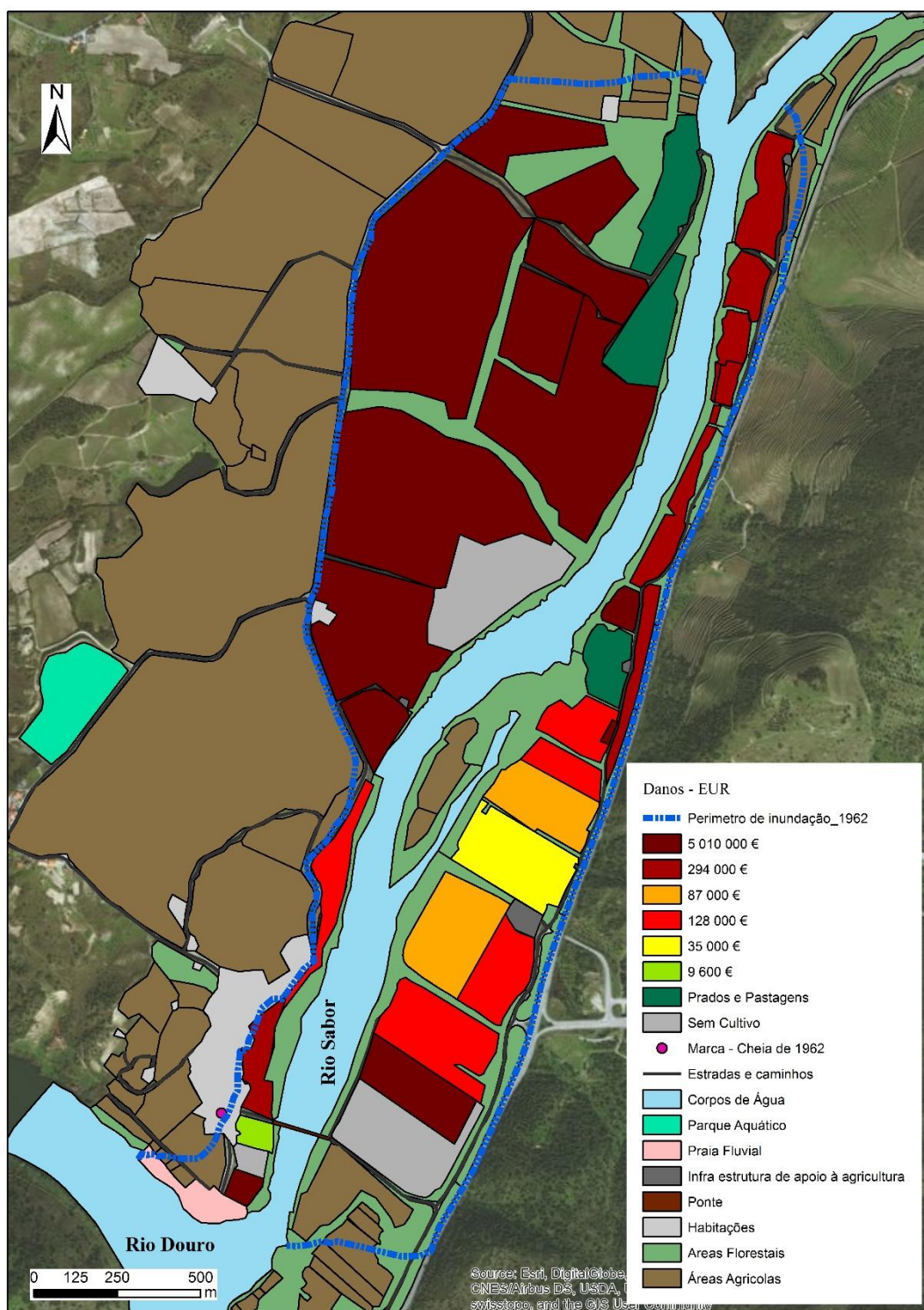


Figura 47 - Mapa de risco de cheia para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilarça tendo por base o perímetro de inundação da cheia de 1962. Fonte – SIMA (Sistema de Informação de Mercados Agrícolas).

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

5.1. DO HISTORIAL DE CHEIAS NO VALE DA VILARÇA

A metodologia adotada para a realização do inventário de ocorrências de cheias, nomeadamente através da complementaridade entre as pesquisas no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos e das referências textuais da dissertação de Leonardo (2013) e no Semanário Regional Mensageiro de Bragança, revelaram-se extremamente eficazes permitindo registar um total de 18 ocorrências de cheia no Vale da Vilarça, desde 1715 até a atualidade.

Conclui-se também que o número de ocorrências de cheias nas décadas de 50 e 60 do séc. XX não está bem documentado. A construção dos empreendimentos hidroelétricos próximos (desde 1976 até 2016) não diminuiu a sua frequência, no entanto, a duração das cheias aparenta ser mais curta. O aumento nos registos de ocorrências após a construção dos empreendimentos hidroelétricos também pode coincidir com o aumento das fontes de informação sobre os eventos de cheia, particularmente, pelo interesse dos locais em divulgar fotos e relatos dos eventos, assim como, pelos danos que as inundações causam nas produções agrícolas.

5.2. DA METODOLOGIA ADOTADA PARA A DEFINIÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS

Sendo um dos objetivos primordiais deste estudo a delimitação de perímetros de inundação para diferentes cenários, nomeadamente para eventos com diferentes áreas em termos de perímetros de inundação como é o exemplo das cheias de 2010/2016 (evento mais frequente, com área inundada mais pequena) e da cheia de 1962 (evento menos frequente e com área inundada mais alargada), a adoção da implementação do modelo histórico, quer através da georreferenciação de fotos quer através da recolha de pontos de cheia no terreno através do uso de um GPS, para os dois cenários, permitiu fazer uma reconstituição hidro-histórica aproximada dos acontecimentos.

Conclui-se também que, para o caso de estudo do Baixo Vale da Vilarça, ao se comparar o perímetro de inundação das cheias de 2010/2016 com o da cheia de 1962, a área afetada aumenta substancialmente, sendo que para o perímetro de inundação das cheias de 2010 e 2016, a área afetada poderá ter sido maior, pois cada foto correspondente

a cada ponto de cheia georreferenciada pode não corresponder ao nível máximo de cota atingido no evento uma vez que o dia em que a foto foi tirada pode não corresponder ao nível de altura máxima atingida nessa cheia.

5.3. DA IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA O CÁLCULO DE DANOS CAUSADOS POR INUNDAÇÕES EM ÁREAS AGRÍCOLAS

O objetivo principal deste trabalho de investigação passava pelo cálculo do risco através da quantificação do dano tangível direto para um elemento exposto, neste caso para as áreas agrícolas do Vale da Vilariça que são afetadas por inundações, assim sendo, metodologia adotada de Deleuze et al., (1991) permitiu obter os danos monetários estimados tendo em conta parâmetros como a época do ano em análise, o tipo de cultura agrícola, bem como a duração da inundação, para dois perímetros de inundação distintos, nomeadamente para os eventos de cheia de 2010/2016 e 1962.

Conclui-se também que consoante diferentes perímetros de inundação, os valores a perder em termos agrícolas podem estar em locais distintos do baixo vale da Vilariça, como se pode verificar com a análise dos mapas de risco, para as cheias mais frequentes (cheias de 2010 e 2016), os valores a perder estão localizados na margem esquerda do Baixo Vale da Vilariça com perdas monetárias perto dos 500 000 euros, enquanto para cheias menos frequentes (cheia de 1962) os valores a perder localizam-se claramente na margem direita do Baixo Vale da Vilariça, bem como na confluência entre o rio Sabor e a Ribeira da Vilariça, com danos monetários estimados superiores a 5 000 000 de euros.

5.4. DA GESTÃO DO RISCO DE CHEIA NO VALE DA VILARIÇA

A gestão do risco de inundação pode ser feita de duas formas complementares entre si, através da implementação de medidas estruturais ou através da implementação de medidas não-estruturais. As primeiras são medidas que incidem sobre o controle da água, como por exemplo a construção de barragens, bacias de retenção, poços de infiltração e diques, enquanto as medidas não-estruturais são medidas de controlo do uso do solo, como por exemplo o zonamento de zonas inundáveis, códigos de construção, sistemas de aviso e sistemas de seguro (Velhas., 1997).

Assim, os mapas de risco de inundação para as áreas agrícolas do Baixo Vale da Vilariça deverão ser integrados no Plano Diretor Municipal (PDM) do respetivo Concelho

de forma a serem criadas condições para um melhor ordenamento do território e para se ficarem a conhecer as áreas de maior risco.

Conclui-se também que, como se verificou anteriormente, diferentes culturas agrícolas têm diferente tolerância quando submersas até sucumbirem totalmente, desta forma, é necessário ter em atenção a duração da cheia, juntamente com a altura da coluna de água e com a altura das diferentes culturas agrícolas afetadas, pois, segundo Allen et al., (2006) citado por Búrcio A., (2009), existe uma altura máxima para diferentes culturas agrícolas, por exemplo a altura máxima de culturas como a vinha pode variar de 1,5 a 2 metros e de culturas como o olival pode variar de 3 a 5 metros, assim, culturas como a vinha podem não ser totalmente afetadas nas áreas em que a coluna de água for inferior a 1,5 metros, ou seja, em áreas em que a altura da cultura for maior que a altura da coluna de água, a cultura agrícola pode não ser afetada nem ser totalmente perdida.

Também as análises custo-benefício aplicadas à gestão do risco de inundação devem ser tidas em conta, ou seja, a análise que consiste em comparar, a longo prazo, as vantagens geradas pela medida de redução de risco e seu custo de implementação, traz informações importantes sobre sua relevância econômica. Assim, qualquer medida que seja implementada para a redução do risco de inundação no Baixo Vale da Vilariça deve ser avaliada tendo em conta os benefícios, ou seja, os danos evitados graças à implementação da medida, bem como todos os custos envolvidos na sua implementação, tais como os estudos técnico-científicos de base, os projetos, a manutenção e a exploração tanto a curto e médio, como a longo prazo.

As análises custo-benefício são geralmente aplicadas a medidas estruturais de gestão de risco de cheia, ou seja, a medidas que exigem uma intervenção no território, como bacias de retenção, poços de infiltração ou canais de desvio. Tendo em conta o caso de estudo do Vale da Vilariça, qualquer medida a ser implementada para a redução do risco de cheia para as áreas agrícolas, deve ter sempre em conta os sectores onde existem maiores valores em potencial perda, bem como os locais onde as cheias ocorrem com mais frequência. Neste caso de estudo, no Baixo Vale da Vilariça, as medidas estruturais com um custo mais reduzido devem ser feitas na margem esquerda do rio Sabor, onde as cheias que ocorrem com mais frequência podem causar mais danos. Por outro lado, medidas estruturais mais exigentes em termos financeiros e que permitam reter uma maior quantidade de água devem ser implementadas na margem direita do rio Sabor onde as

cheias que ocorrem com menos frequência podem causar mais danos e onde existem claramente mais valores a perder (culturas de vinha e oliveira).

A implementação de pagamento de seguros de colheita para os agricultores da área poderia ser outra possível solução bem como um controlo mais organizado dos caudais conjugado com a retenção de água nas albufeiras.

Outra possível solução de gestão do risco de cheia na área de estudo passaria também pela produção de culturas hidrófilas no Baixo Vale da Vilariça, ou seja, pela produção de culturas que se adaptam a viver em ambientes aquáticos, sendo submersas na água ou na superfície, crescendo em água ou em solos que estão permanentemente saturados com água, como por exemplo a cultura da soja, em locais em que a velocidade do escoamento não seja superior a 0,5 m³/s.

Sendo de evidenciar a importância de incorporar novas áreas críticas nos PGRI de 2ª geração, nomeadamente na RH 3, o presente estudo vem demonstrar a pertinência de inclusão da área do Vale da Vilariça como área crítica porque as cheias vão continuar a existir, como o demonstram os registos históricos, sendo de considerar um cenário de constante avaliação dos danos observados e estimados.

É importante continuar a fazer este tipo de estudos sobre diferentes áreas com diferentes características porque são de facto trabalhosos, mas ao mesmo tempo produtivos e recompensadores em termos de aprendizagem, pois “(...) importa determinar onde existem maiores valores a perder. Só depois de se responder a esta questão se pode gerir o risco adequadamente (...). Só se protege racionalmente aquilo cujo valor se conhece.” (Verde e Zêzere, 2007, p.22).

5.5. DAS PERSPETIVAS FUTURAS TENDO EM CONTA O TEMA EM ESTUDO

Embora este trabalho de investigação tenha trazido um contributo para o estudo aprofundado das cheias e a sua influência na áreas agrícolas do Vale da Vilariça, bem como das áreas agrícolas a nível nacional, existe ainda margem para a melhoria deste estudo, bem como para o estudo de novos assuntos.

Assim sendo, uma futura abordagem seria realizar a estimativa de danos agrícolas considerando a relação entre os períodos mais suscetíveis à ocorrência de cheias e o calendário agrícola das diferentes culturas. Com efeito, o levantamento das culturas

agrícolas nos meses de janeiro, fevereiro e março, ou seja, nos meses em que se verificaram mais cheias e o levantamento antes da época de colheita das culturas de Inverno, evidenciaria outros valores em termos de prejuízos agrícolas. O estudo e aplicação de outras metodologias para o cálculo do dano tangível direto para outros elementos expostos, como por exemplo para o edificado da aldeia da Foz do Sabor.

Outra oportunidade de estudo seria a aplicação de outras metodologias para o cálculo de danos causados por inundações em áreas agrícolas, para ser possível comparar informações e verificar se os resultados seriam idênticos ou não. Por fim, a aplicação de outras metodologias para a delimitação de perímetros de inundação, como por exemplo a modelação hidráulica através do uso de software como o IBER ou o HEC-RAS, sendo desta forma possível obter valores de velocidade de escoamento e analisar quais os locais do Baixo Vale da Vilariça em que existem condições para a produção de culturas hidrófilas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida D. 2004. Apontamentos de Produção Agrícola. Escola Superior de Biotecnologia. Universidade Católica Portuguesa.
- ANPC., setembro de 2009. Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano. Instituto Geográfico Português.
- Belo J., 2012. Os SIG aplicados à análise do risco de inundação progressiva do Rio Tejo, entre Belver e Vila Nova da Barquinha, Região do Médio Tejo. Dissertação de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Brémond *et al.* 2013. *Review Article: "Flood damage assessment on agricultural areas: review and analysis of existing methods"*. Natural Hazards Earth System Sciences.
- Brémond *et al.* 2014. *Analyse multicritères des projets de prévention des inondations Guid méthodologique*. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable.
- Bubeck *et al.* 2011. *"How reliable are projections of future flood damage?"*. Natural Hazards Earth System Sciences.
- Búrcio, A. (2009). Necessidades de água de rega para o perímetro norte do aproveitamento hidroagrícola do Vale da Vilarça: estudo de base para a sua estimativa e gestão da rega. (Dissertação de Mestrado), Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária.
- Campos S., setembro de 2015. A cheia de abril de 1962 na cidade de Vila do Conde: reconstrução hidro-histórica das áreas afetadas e avaliação da vulnerabilidade atual. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Costa *et al.*, 2016. As inundações de 1967 na região de Lisboa: Uma catástrofe com diferentes leituras. Centro de Estudos Geográficos e Ordenamento do Território (CEGOT).
- DGADR. 2003. Situação da Agricultura em Portugal. Comissão Europeia.
- Forte F *et al.*, 2006. *A methodology using GIS, aerial photos and remote sensing for loss estimation and flood vulnerability analysis in the Supersano-Ruffano-Nociglia Graben, southern Italy*. Environment Geology. Springer. DOI 10.1007/s00254-006-0234-0
- Garrote *et al.* 2016. *Quantification of flash flood economic risk using ultra-detailed stage-damage functions and 2-D hydraulic models*. Journal of Hydrology. DOI: 10.1016
- Girão J. 1999. Agricultura Portuguesa: Em Passeio Aleatório ou em Regime Estacionário? Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa.
- Gonçalves P., 2012. A Delimitação de Perímetros de Inundação no Rio Leça – modelação hidráulica para duas áreas do concelho de Matosinhos. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

- Leandro R., 2013. Risco de cheias e inundações na cidade de Setúbal. Dissertação de Mestrado em Riscos e Proteção Civil. Instituto Superior de Educação e Ciências de Lisboa.
- Leonardo. R. 2013. O baixo Vale da Vilarça entre o antigo Regime e o Liberalismo. Território, Propriedade e Culturas. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Mao *et al.* 2016. *Comprehensive flood economic losses: review of the potential damage and implementation of an agricultural impact model*. FLOODrisk 2016 - 3rd European Conference on Flood Risk Management.
- Marafuz I., 2011. Inundações urbanas e cheias progressivas em Arouca: casos de estudo, metodologias de análise e ordenamento do território. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Merz *et al.* 2010. *Review article "Assessment of economic flood damage"*. Natural Hazards Earth System Sciences. DOI: 10.5194
- Messner *et al.* 2007. *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods.....* Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies.
- Nafari R *et al.*, 2017. *Flood loss modelling with FLF-IT: A new Flood Loss Function for Italian residential structures*. Natural Hazards and Earth System Sciences. DOI:10.5194
- Nagem F. 2008. Avaliação económica dos prejuízos causados pelas cheias urbanas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- Neubert M *et al.*, 2016. *The Geographic Information System-based flood damage simulation model HOWAD*. Journal of Flood Risk Management. DOI: 10.1111/jfr3.12109
- Ownership. 2014. Anuário Agrícola: Informação de Mercados. Sistema de Informação de Mercados Agrícolas.
- Pechhacker D., 2016. *Agricultural flood losses in Austria: empirical evidence and estimates based on grid data*. Dissertação de Mestrado. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Ramos C. & E. Reis, 2001. As cheias no sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas. Finisterra, Revista de Geografia Portuguesa, 36(71): 61-82.
- Ramos. 2013. Perigos Naturais Devidos a Causas Meteorológicas: O Caso das Cheias e Inundações. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Centro de Estudos Geográficos. Universidade de Lisboa.
- Reis, Oliveira e Sales. 2005. Proposição de Parâmetros de Dimensionamento e Avaliação de Poço de Infiltração de Água Pluvial. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Ribeiro O. 1945. *Portugal, o mediterrâneo e o atlântico*. Centro de Estudos Geográficos.
- Rolim V. 2016. *A Censura do Estado Novo e do Mundo Atual*. Escola Superior de Comunicação Social.

- Santos P.P., 2009. Cartografia de áreas inundáveis a partir do método de reconstituição hidrogeomorfológica e do método hidrológico-hidráulico: estudo comparativo na bacia hidrográfica do rio Arunca. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade de Coimbra.
- Santos P.P., 2015. Cheias e inundações: avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco. Tese de doutoramento. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa.
- Sene K., 2013. *Flash Floods Forecasting and Warning*. Springer. DOI 10.1007/978-94007-5164-4
- Velhas E. 1997. As Cheias na Área Urbana do Porto. Riscos, Perceção e Ajustamentos. *Territorium*.4. 49:62.
- Verde J e Zêzere JL., 2007. *Avaliação da Perigosidade a Incêndio Florestal*. VI Congresso da Geografia.
- Zabret K *et al.*, 2016. *Development of model for the estimation of direct flood damage including the movable property*. *Journal of Flood Risk Management*. DOI:10.1111/jfr3.12255
- Zhang *et al.* 2014. *Flood Disaster Risk Assessment of Rural Housings — A Case Study of Kouqian Town in China*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. ISSN 1660-4601. 3787-3802; DOI:10.3390/ijerph110403787

SÍTIOS CONSULTADOS

- Divisão das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), site oficial. (consultado em 1-11-2017)
- *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), site oficial (consultado em 1-11-2017)
- *United Nations Disaster Relief Co-ordinator* (UNDRO), site oficial (consultado em 1-11-2017)

ANEXOS

Anexo 1 – Inventário de ocorrências realizado para a área do Vale da Vilarça e respetiva área afetada e danos registados.

<u>Anos</u>				
	<u>Foto da Cheia</u>	<u>Referência textual da cheia</u>	<u>Área afetada</u>	<u>Danos registados</u>
1715	Inexistente	“particularmente em 1715, quando dizem que por falta de haver uma ponte “grandes perigos que tem sucedido nos vãos della de muita gente que se tem afogado por ser tan caudalosa”	Ribeira da Vilarça	Morte de Pessoas (afogamento); Destruição dos vãos de atravessamento do rio;
1780/1782	Inexistente	“A 29 de Maio de 1780 houve uma [invoada] tão grande, que arrancou árvores, destruiu searas, e causou outras bastantes perdas.” “A 24 de Julho de 1782 caiu outra no campo da Vilarça, que derrotou inteiramente todos os cânhamos, meloais, e searas”	Toda a área do Vale da Vilarça	Destruição de árvores; Destruição de searas; Destruição de culturas como o cânhamo;
1831		“Em novembro de 1831 e Outubro de 1837, na sequência de cheias da ribeira, alude-se à existência da ponte, dizendo, na primeira data, que é “uma ponte de pau”. No ano seguinte o carpinteiro Luis António Rego, efetua o seu conserto.”	Ribeira da Vilarça	Danos nas culturas agrícolas; Danos na Ponte da Ribeira da Vilarça;
1837		“Em novembro de 1831 e Outubro de	Ribeira da Vilarça	Danos nas culturas agrícolas;
1909		“A atestá-lo está uma marca, no paramento norte, relativa à cheia de 1906. Ora, sabemos que quer a cheia de 1909, 1955 e 1961 atingiram maiores proporções, tendo sido mais devastadoras.”	Toda a área do Vale da Vilarça	Danos nas Quintas; Danos nas culturas agrícolas;
1955		“A atestá-lo está uma marca, no paramento norte, relativa à cheia de 1906. Ora, sabemos que quer a cheia de 1909, 1955 e 1961 atingiram maiores proporções, tendo sido mais devastadoras.”	Toda a área do Vale da Vilarça	Danos nas Quintas; Danos nas culturas agrícolas;
1961	Existente	“Ora, sabemos que quer a cheia de 1909, 1955 e 1961 atingiram maiores proporções, tendo sido mais devastadoras.”	Toda a área do Vale da Vilarça	Ponte de acesso à aldeia da Foz do Sabor fica inacessível;
1962	Existente			Ponte da EN 102 fica inacessível;
1966		“A casa da quinta construída em 1859, conforme consta num lútel de uma das portas, ficou totalmente submersa por mais de uma vez. A atestá-lo está uma marca, no paramento norte, relativa à cheia de 1906.”	Toda a área do Vale da Vilarça; Casa da Quinta	Danos nas culturas agrícolas; Submersão da conhecida “casa da quinta”;

*Cheias e Inundações no Vale da Vilarça (Torre de Moncorvo):
áreas inundáveis, danos causados em áreas agrícolas e gestão do risco.*

1969		<i>"A última grande rebofa aconteceu no final dos anos sessenta."</i>	Vale da Vilarça	Danos nas culturas agrícolas;
2001	Existente		Vale da Vilarça	Danos nas culturas agrícolas;
2006		<i>"as cheias ocorridas no passado mês de novembro causaram prejuízos na ordem dos 80 mil euros."</i>	Foz do Sabor	Danos nas infraestruturas da praia fluvial;
2010	Existente		Foz do Sabor Vale da Vilarça	Ponte de acesso à aldeia da Foz do Sabor fica inacessível; Danos nas culturas agrícolas;
2013	Existente		Foz do Sabor Vale da Vilarça	Ponte de acesso à aldeia da Foz do Sabor fica inacessível; Danos nas culturas agrícolas;
2014		<i>"O rio Sabor galgou as margens na zona da Foz do Sabor, no concelho de Torre de Moncorvo."</i> <i>"Toda a produção naquela zona ficou completamente submersa, nomeadamente produtos agrícolas da época"</i>	Foz do Sabor Vale da Vilarça	Corte da Estrada Municipal 623; Estragos na praia fluvial; Danos nas culturas agrícolas;
2016	Existente	<i>"As intempéries do passado fim-de-semana causaram algumas inundações na região que provocaram prejuízos avultados a vários agricultores."</i> <i>"cerca de 90 por cento da área de hortícolas ficou afetada, estando os prejuízos ainda a ser avaliados."</i>	Foz do Sabor Vale da Vilarça	Danos nas culturas agrícolas (principalmente hortícolas);

Anexo 2 – Caudal médio diário verificado nos anos em que ocorreram cheias, nas estações hidrométricas do Pocinho e Quinta das Laranjeiras.

Anos em que foram verificadas cheias	Caudal (m³/s) (máximo anual ou diário)	Estação hidrométrica
1955	sem dados	Quinta das Laranjeiras
	sem dados	Albufeira Pocinho
	5000	Pocinho
1961	sem dados	Quinta das Laranjeiras
	sem dados	Albufeira Pocinho
	9200	Pocinho
1962	800	Quinta das Laranjeiras
	sem dados	Albufeira Pocinho
	3000	Pocinho
1966	900	Quinta das Laranjeiras
	sem dados	Albufeira Pocinho
	2000	Pocinho
1969	850	Quinta das Laranjeiras
	sem dados	Albufeira Pocinho
	4500	Pocinho
2001	sem dados	Quinta das Laranjeiras
	4700	Albufeira Pocinho
	sem dados	Pocinho
2006	1600	Quinta das Laranjeiras
	3500	Albufeira Pocinho
	sem dados	Pocinho
2010	1000	Quinta das Laranjeiras
	2600	Albufeira Pocinho
	sem dados	Pocinho
2013	sem dados	Quinta das Laranjeiras
	2000	Albufeira Pocinho
	sem dados	Pocinho
2014	sem dados	Quinta das Laranjeiras
	2500	Albufeira Pocinho

*Cheias e Inundações no Vale da Vilarça (Torre de Moncorvo):
áreas inundáveis, danos causados em áreas agrícolas e gestão do risco.*

	sem dados	Pocinho
2016	sem dados	Quinta das Laranjeiras
	2700	Albufeira Pocinho
	sem dados	Pocinho

Anexo 3 – Precipitação anual verificada nos anos em que ocorreram cheias no Vale da Vilaria, nas estações meteorológicas de Folgares, Junqueira e Ponte do Sabor.

Anos em que foram verificadas cheias	Precipitação anual (mm)	Estação meteorológica
1955	894,3	Ponte do Sabor
	957,8	Folgares
	sem dados	Junqueira
1961	575,6	Ponte do Sabor
	726	Folgares
	sem dados	Junqueira
1962	575,6	Ponte do Sabor
	716,2	Folgares
	sem dados	Junqueira
1966	422,6	Ponte do Sabor
	489,3	Folgares
	sem dados	Junqueira
1969	432,7	Ponte do Sabor
	559,1	Folgares
	sem dados	Junqueira
2001	sem dados	Ponte do Sabor
	954,1	Folgares
	sem dados	Junqueira
2006	592,9	Ponte do Sabor
	sem dados	Folgares
	sem dados	Junqueira
2010	sem dados	Ponte do Sabor
	sem dados	Folgares
	sem dados	Junqueira
2013	sem dados	Ponte do Sabor
	sem dados	Folgares
	sem dados	Junqueira
2014	sem dados	Ponte do Sabor

*Cheias e Inundações no Vale da Vilaria (Torre de Moncorvo):
áreas inundáveis, danos causados em áreas agrícolas e gestão do risco.*

	sem dados	Folgares
	sem dados	Junqueira
2016	sem dados	Ponte do Sabor
	sem dados	Folgares
	sem dados	Junqueira

Anexo 4 – Folha relativa aos pontos cotados e curvas de nível existentes no Baixo Vale da Vilariça.

